LA CIENCIA
Su método y su filosofía

MARIO BUNGE

1. *Introducción*

Mientras los animales inferiores sólo están en el mundo, el hombre trata de entenderlo; y sobre la base de su inteligencia imperfecta pero perfectible, del mundo, el hombre intenta enseñorarse de él para hacerlo más confortable. En este proceso, construye un mundo artificial: ese creciente cuerpo de ideas llamado "ciencia", que puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible. Por medio de la investigación científica, el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta.

Un mundo le es dado al hombre; su gloria no es soportar o despreciar este mundo, sino enriquecerlo construyendo otros universos. Amasa y remoldea la naturaleza sometiéndola a sus propias necesidades animales y espirituales, así como a sus sueños: crea así el mundo de los artefactos y el mundo de la cultura. La ciencia como actividad —como investigación— pertenece a la vida social; en cuanto se la aplica al mejoramiento de nuestro medio natural y artificial, a la invención y manufactura de bienes materiales y culturales, la ciencia se convierte en tecnología. Sin embargo, la ciencia se nos aparece como la más deslumbrante y asombrosa de las estrellas de la cultura cuando la consideramos como un bien en sí mismo, esto es como una actividad productora de nuevas ideas (investigación científica). Tratemos de caracterizar el conocimiento y la investigación científicos tal como se los conoce en la actualidad.

2. *Ciencia formal y ciencia fáctica*

No toda la investigación científica procura el conocimiento objetivo. Así, la lógica y la matemática —esto es, los diversos sistemas de lógica formal y los diferentes capítulos de la matemática pura— son racionales, sistemáticos y verificables, pero no son objetivos; no nos dan informaciones acerca de la realidad: simplemente, no se ocupan de los hechos. La lógica y la

matemática tratan de entes ideales; estos entes, tanto los abstractos como los interpretados, sólo existen en la mente humana. A los lógicos y matemáticos no se les da objetos de estudio: ellos construyen sus propios objetos. Es verdad que a menudo lo hacen por abstracción de objetos reales (naturales y sociales); más aún, el trabajo del lógico o del matemático satisface a menudo las necesidades del naturalista, del sociólogo o del tecnólogo, y es por esto que la sociedad los tolera y, ahora, hasta los estimula. Pero la materia prima que emplean los lógicos y los matemáticos no es fáctica sino ideal.

Por ejemplo, el concepto de número abstracto nació, sin duda, de la coordinación (correspondencia biunívoca) de conjuntos de objetos materiales, tales como dedos, por una parte, y guijarros, por la otra; pero no por esto aquel concepto se reduce a esta operación manual, ni a los signos que se emplean para representarlo. Los números no existen fuera de nuestros cerebros, y aún allí dentro existen al nivel conceptual, y no al nivel fisiológico. Los objetos materiales son numerables siempre que sean discontinuos; pero no son números; tampoco son números puros (abstractos) sus cualidades o relaciones. En el mundo real encontramos 3 libros, en el mundo de la ficción construimos 3 platos voladores. ¿Pero quién vio jamás un 3, un simple 3?

La lógica y la matemática, por ocuparse de inventar entes formales y de establecer relaciones entre ellos, se llaman a menudo *ciencias formales,* precisamente porque sus objetos no son cosas ni procesos, sino, para emplear el lenguaje pictórico, formas en las que se puede verter un surtido ilimitado de contenidos, tanto fácticos como empíricos. Esto es, podemos establecer *correspondencias* entre esas formas (u objetos formales), por una parte, y cosas y procesos pertenecientes a cualquier nivel de la realidad por la otra. Así es como la física, la química, la fisiología, la psicología, la economía, y las demás ciencias recurren a la matemática, empleándola como herramienta para realizar la más precisa reconstrucción de las complejas relaciones que se encuentran entre los hechos y entre los diversos aspectos de los hechos; dichas ciencias no identifican las formas ideales con los objetos concretos, sino que interpretan las primeras en términos de hechos y de experiencias (o, lo que es equivalente, formalizan enunciados fácticos).

Lo mismo vale para la lógica formal: algunas de sus partes —en particular, pero no exclusivamente, la lógica proposicional bivalente— pueden hacerse

corresponder a aquellas entidades psíquicas que llamamos pensamientos. Semejante aplicación de las ciencias de la forma pura a la inteligencia del mundo de los hechos, se efectúa asignando diferentes interpretaciones a los objetos formales. Estas interpretaciones son, dentro de ciertos límites, arbitrarias; vale decir, se justifican por el éxito, la conveniencia o la ignorancia. En otras palabras el significado fáctico o empírico que se les asigna a los objetos formales no es una propiedad intrínseca de los mismos. De esta manera, las ciencias formales jamás entran en conflicto con la realidad. Esto explica la paradoja de que, siendo formales, se "aplican" a la realidad: en rigor no se aplican, sino que se emplean en la vida cotidiana y en las ciencias fácticas a condición de que se les superpongan reglas de correspondencia adecuada. En suma, la lógica y la matemática establecen contacto con la realidad a través del puente del lenguaje, tanto el ordinario como el científico.

Tenemos así una primera gran división de las ciencias, en formales (o ideales) y fácticas (o materiales). Esta ramificación preliminar tiene en cuenta el *objeto* o tema de las respectivas disciplinas; también da cuenta de la diferencia de especie entre los enunciados que se proponen establecer las ciencias formales y las fácticas: mientras los enunciados formales consisten en relaciones entre signos, los enunciados de las ciencias fácticas se refieren, en su mayoría, a entes extracientíficos: a sucesos y procesos. Nuestra división también tiene en cuenta el *método* por el cual se ponen a prueba los enunciados verificables: mientras las ciencias formales se contentan con la lógica para demostrar rigurosamente sus teoremas (los que, sin embargo, pudieron haber sido adivinados por inducción común o de otras maneras), las ciencias fácticas necesitan más que la lógica formal: para confirmar sus conjeturas necesitan de la observación y/o experimento. En otras palabras, las ciencias fácticas tienen que mirar las cosas, y, siempre que les sea posible, deben procurar cambiarlas deliberadamente para intentar descubrir en qué medida sus hipótesis se adecuan a los hechos.

Cuando se demuestra un teorema lógico o matemático no se recurre a la experiencia: el conjunto de postulados, definiciones, reglas de formación de las expresiones dotadas de significado, y reglas de inferencia deductiva —en suma, la base de la teoría dada—, es necesaria y suficiente para ese propósito. La demostración de los teoremas no es sino una deducción: es una operación confinada a la esfera teórica, aun cuando a veces los teoremas mismos (no sus demostraciones) sean sugeridos en alguna esfera extramatemática y aun cuando su prueba (pero no su primer descubrimiento)

pueda realizarse con ayuda de calculadoras electrónicas. Por ejemplo, cualquier demostración rigurosa del teorema de Pitágoras prescinde de las mediciones, y emplea figuras sólo como ayuda psicológica al proceso deductivo: que el teorema de Pitágoras haya sido el resultado de un largo proceso de inducción conectado a operaciones prácticas de mediciones de tierras, es objeto de la historia, la sociología y la psicología del conocimiento.

La matemática y la lógica son, en suma, ciencias deductivas. El proceso constructivo, en que la experiencia desempeña un gran papel de sugerencias, se limita a la formación de los puntos de partida (axiomas). En matemática la verdad consiste, por esto, en la coherencia del enunciado dado con un sistema de ideas admitido previamente: por esto, la verdad matemática no es absoluta sino relativa a ese sistema, en el sentido de que una proposición que es válida en una teoría puede dejar de ser lógicamente verdadera en otra teoría. (Por ejemplo, en el sistema de aritmética que empleamos para contar las horas del día, vale la proposición de 24 + 1 = 1.) Más aún las teorías matemáticas abstractas, esto es, que contienen términos no interpretados (signos a los que no se atribuye un significado fijo, y que por lo tanto pueden adquirir distintos significados) pueden desarrollarse sin poner atención al problema de la verdad.

Considérese el siguiente axioma de cierta teoría abstracta (no interpretada): "Existe por lo menos un *x* tal que es P". Se puede dar un número ilimitado de interpretaciones (modelos) de este axioma, dándose a *x* y F otros tantos significados. Si decimos que S designa punto, obtenemos un modelo geométrico dado: si adoptamos la convención de que L designa número, obtenemos un cierto modelo aritmético, y así sucesivamente. En cuanto "llenamos" la forma vacía con un contenido específico (pero todavía matemático), obtenemos un sistema de entes lógicos que tienen el privilegio de ser verdaderos o falsos dentro del sistema dado de proposiciones: a partir de ahí tenemos que habérnoslas con el problema de la verdad matemática. Aún así tan sólo las conclusiones (teoremas) tendrán que ser verdaderas: los axiomas mismos pueden elegirse a voluntad. La batalla se habrá ganado si se respeta la coherencia lógica esto es, si no se violan las leyes del sistema de lógica que se ha convenido en usar.

En las ciencias fácticas, la situación es enteramente diferente. En primer lugar, ellas no emplean símbolos vacíos (variables lógicas) sino tan sólo símbolos interpretados; por ejemplo no involucran expresiones tales como *'x* es F', que no son verdaderas ni falsas. En segundo lugar, la racionalidad —

esto es, la coherencia con un sistema de ideas aceptado previamente— es necesaria pero no suficiente para los enunciados fácticos; en particular la sumisión a algún sistema de lógica es necesaria pero no es una garantía de que se obtenga la verdad. Además de la racionalidad, exigimos de los enunciados de las ciencias fácticas que sean *verificables en la experiencia,* sea indirectamente (en el caso de las hipótesis generales), sea directamente (en el caso de las consecuencias singulares de las hipótesis). Unicamente después que haya pasado las pruebas de la verificación empírica podrá considerarse que un enunciado es adecuado a su objeto, o sea que es verdadero, y aún así hasta nueva orden. Por eso es que el conocimiento fáctico verificable se llama a menudo *ciencia empírica.*
En resumidas cuentas, la coherencia es necesaria pero no suficiente en el campo de las ciencias de hechos: para anunciar que un enunciado es (probablemente) verdadero se requieren datos empíricos (proposiciones acerca de observaciones o experimentos). En última instancia, sólo la experiencia puede decirnos si una hipótesis relativa a cierto grupo de hechos materiales es adecuada o no. El mejor fundamento de esta regla metodológica que acabamos de enunciar es que la experiencia le ha enseñado a la humanidad que el conocimiento de hecho no es convencional, que si se busca la comprensión y el control de los hechos debe partirse de la experiencia. Pero la experiencia no garantizará que la hipótesis en cuestión sea la única verdadera: sólo nos dirá que es *probablemente* adecuada, sin excluir por ello la posibilidad de que un estudio ulterior pueda dar mejores aproximaciones en la reconstrucción conceptual del trozo de realidad escogido. El conocimiento fáctico, aunque racional, es esencialmente probable: dicho de otro modo: la inferencia científica es una red de inferencias deductivas (demostrativas) y probables (inconcluyentes).

Las ciencias formales demuestran o prueban: las ciencias fácticas verifican (confirman o disconfirman) hipótesis que en su mayoría son provisionales. La demostración es completa y final; la verificación es incompleta y por eso temporaria. La naturaleza misma del método científico impide la confirmación final de las hipótesis fácticas. En efecto los científicos no sólo procuran acumular elementos de prueba de sus suposiciones mutipli-cando el número de casos en que ellas se cumplen; también tratan de obtener casos desfavorables a sus hipótesis, fundándose en el principio lógico de que una sola conclusión que no concuerde con los hechos tiene más peso que mil confirmaciones. Por ello, mientras las teorías formales pueden ser llevadas a un estado de perfección (o estancamiento), los sistemas relativos a los hechos son esencialmente defectuosos: cumplen, pues, la condición

necesaria para ser perfectibles. En consecuencia si el estudio de las ciencias formales vigorizar el hábito del rigor, el estudio de las ciencias fáctiles puede inducirnos a considerar el mundo como inagotable, y al hombre como una empresa inconclusa e interminable.

Las diferencias de método, tipo de enunciados, y referentes que separan las ciencias fácticas de las formales, impiden que se las examine conjuntamente más allá de cierto punto. Por ser una ficción seria, rigurosa y a menudo útil, pero ficción al cabo, la ciencia formal requiere un tratamiento especial. En lo que sigue nos concentraremos en la ciencia fáctica. Daremos un vistazo a las características peculiares de las ciencias de la naturaleza y de la cultura en su estado actual, con la esperanza de que la ciencia futura enriquezca sus cualidades o, al menos, de que las civilizaciones por venir hagan mejor uso del conocimiento científico.

Los rasgos esenciales del tipo de conocimiento que alcanzan las ciencias de la naturaleza y de la sociedad son la *racionalidad* y la *objetividad.* Por conocimiento racional se entiende:

a- que está constituido por conceptos, juicios y raciocinios y no por sensaciones, imágenes, pautas de conducta, etc. Sin duda, el científico percibe, forma imágenes (por ejemplo, modelos visualizables) y hace operaciones; por tanto el punto de partida como el punto final de su trabajo son ideas;

b- que esas ideas pueden combinarse de acuerdo con algún conjunto de reglas lógicas con el fin de producir nuevas ideas (inferencia deductiva). Estas no son enteramente nuevas desde un punto de vista estrictamente lógico, puesto que están implicadas por las premisas de la deducción; pero no gnoseológicamente nuevas en la medida en que expresan conocimientos de los que no se tenía conciencia antes de efectuarse la deducción;

c- que esas ideas no se amontonan caóticamente o, simplemente, en forma cronológica, sino que se organizan en sistemas de ideas esto es en conjuntos ordenados de proposiciones (teorías).

Que el conocimiento científico de la realidad es objetivo, significa:
a- que concuerda aproximadamente con su objeto; vale decir que busca alcanzar la verdad fáctica;

b- que verifica la adaptación de las ideas a los hechos recurriendo a un comercio peculiar con los hechos (observación y experimento), intercambio que es controlable y hasta cierto punto reproducible.

Ambos rasgos de la ciencia fáctica, la racionalidad y la objetividad, están íntimamente soldados. Así, por ejemplo, lo que usualmente se verifica por medio del experimento es alguna consecuencia —extraída por vía deductiva— de alguna hipótesis; otro ejemplo: el cálculo no sólo sigue a la observación sino que siempre es indispensable para planearla y registrarla. La racionalidad y objetividad del conocimiento científico pueden analizarse en un cúmulo de características a las que pasaremos revista en lo que sigue.

3. *Inventario de las principales características de la ciencia fáctica*

1- *El conocimiento científico es fáctico:* parte de los hechos, los respuesta hasta cierto punto, y siempre vuelve a ellos. La ciencia intenta describir los hechos tales como son, independientemente de su valor emocional o comercial: la ciencia no poetiza los hechos ni los vende, si bien sus hazañas son una fuente de poesía y de negocios. En todos los campos, la ciencia comienza estableciendo los hechos; esto requiere curiosidad impersonal, desconfianza por la opinión prevaleciente, y sensibilidad a la novedad.

Los enunciados fácticos confirmados se llaman usualmente "datos empíricos"; se obtienen con ayuda de teorías (por esquemáticas que sean) y son a su vez la materia prima de la elaboración teórica. Una subclase de datos empíricos es de tipo cuantitativo; los datos numéricos y métricos se disponen a menudo en tablas, las más importantes de las cuales son las tablas de constantes (tales como las de los puntos de fusión de las diferentes sustancias). Pero la recolección de datos y su ulterior disposición en tablas no es la finalidad principal de la investigación: la información de esta clase debe incorporarse a teorías si ha de convertirse en una herramienta para la inteligencia y la aplicación. ¿De qué sirve conocer el peso específico del hierro si carecemos de fórmulas mediante las cuales podemos relacionarlos con otras cantidades?

No siempre es posible, ni siquiera deseable, respetar enteramente los hechos cuando se los analiza, y no hay ciencia sin análisis, aun cuando el análisis no sea sino un medio para la reconstrucción final de los todos. El físico atómico perturba el átomo al que desea espiar; el biólogo modifica e incluso puede matar al ser vivo que analiza; el antropólogo empeñado en el

estudio de campo de una comunidad provoca en ella ciertas modificaciones. Ninguno de ellos aprehende su objeto tal como es, sino tal como queda modificado por sus propias operaciones; sin embargo, en todos los casos tales cambios son objetivos, y se presume que pueden entenderse en términos de leyes: no son conjurados arbitrariamente por el experimentador. Más aún, en todos los casos el investigador intenta describir las características y el monto de la perturbación que produce en el acto del experimento; procura, en suma estimar la desviación o “error” producido por su intervención activa. Porque los científicos actúan haciendo tácitamente la suposición de que el mundo existiría aun en su ausencia, aunque desde luego, no exactamente de la misma manera.

2- *El conocimiento científico trasciende los hechos:* descarta los hechos, produce nuevos hechos, y los explica. El sentido común parte de los hechos y se atiene a ellos: a menudo se imita al hecho aislado, sin ir muy lejos en el trabajo de correlacionarlo con otros o de explicarlo. En cambio, la investigación científica no se limita a los hechos observados: los científicos exprimen la realidad a fin de ir más allá de las apariencias; rechazan el grueso de los hechos percibidos, por ser un montón de accidentes, seleccionan los que consideran que son relevantes, controlan hechos y, en lo posible, los reproducen. Incluso producen cosas nuevas desde instrumentos hasta partículas elementales; obtienen nuevos compuestos químicos, nuevas variedades vegetales y animales, y al menos en principio, crean nuevas pautas de conducta individual y social.

Más aún, los científicos usualmente no aceptan nuevos hechos a menos que puedan certificar de alguna manera su autenticidad; y esto se hace, no tanto contrastándolos con otros hechos, cuanto mostrando que son compatibles con lo que se sabe. Los científicos descartan las imposturas y los trucos mágicos porque no encuadran en hipótesis muy generales y fidedignas, que han sido puestas a prueba en incontables ocasiones. Vale decir, los científicos no consideran su propia experiencia individual como un tribunal inapelable; se fundan, en cambio, en la experiencia colectiva y en la teoría.

Hay más: el conocimiento científico racionaliza la experiencia en lugar de limitarse a describirla; la ciencia da cuenta de los hechos no inventariándolos sino explicándolos por medio de hipótesis (en particular, enunciados de leyes) y sistemas de hipótesis (teorías). Los científicos conjeturan lo que hay tras los hechos observados, y de continuo inventan conceptos (tales como los del átomo, campo, masa, energía, adaptación, integración, selección,

clase social, o tendencia histórica) que carecen de correlato empírico, esto es, que no corresponden a preceptos, aun cuando presumiblemente se refieren a cosas, cualidades o relaciones existentes objetivamente. No percibimos los campos eléctricos o las clases sociales: inferimos su existencia a partir de hechos experimentables y tales conceptos son significativos tan sólo en ciertos contextos teóricos.

Este trascender la experiencia inmediata, ese salto del nivel observa-cional al teórico, le permite a la ciencia mirar con desconfianza los enunciados sugeridos por meras coincidencias; le permite predecir la existencia real de las cosas y procesos ocultos a primera vista pero que instrumentos (materiales o conceptuales) más potentes pueden descubrir. Las discrepancias entre las previsiones teóricas y los hallazgos empíricos figuran entre los estímulos más fuertes para edificar teorías nuevas y diseñar nuevos experimentos. No son los hechos por sí mismos sino su elaboración teórica y la comparación de las consecuencias de las teorías con los datos observacio-nales, la principal fuente del descubrimiento de nuevos hechos.

3- *La ciencia es analítica:* la investigación científica aborda problemas circunscriptos, uno a uno, y trata de descomponerlo todo en elementos (no necesariamente últimos o siquiera reales). La investigación científica no se planta cuestiones tales como "¿Cómo es el universo en su conjunto?", o "¿Cómo es posible el conocimiento?" Trata, en cambio, de entender toda situación total en términos de sus componentes; intenta descubrir los elementos que explican su integración.

Los problemas de la ciencia son parciales y así son también, por consiguiente, sus soluciones; pero, más aún: al comienzo los problemas son estrechos o es preciso estrecharlos. Pero, a medida que la investigación avanza, su alcance se amplía. Los resultados de la ciencia son generales, tanto en el sentido de que se refieren a clases de objetos (por ejemplo, la lluvia), como en que están, o tienden a ser incorporados en síntesis conceptuales llamadas teorías. El análisis, tanto de los problemas como de las cosas, no es tanto un objetivo como una herramienta para construir síntesis teóricas. La ciencia auténtica no es atomista ni totalista.

La investigación comienza descomponiendo sus objetos a fin de descubrir el "mecanismo" interno responsable de los fenómenos observados. Pero el desmontaje del mecanismo no se detiene cuando se ha investigado la naturaleza de sus partes; el próximo paso es el examen de la

interdependencia de las partes, y la etapa final es la tentativa de reconstruir el todo en términos de sus partes inter-conectadas. El análisis no acarrea el descuido de la totalidad; lejos de disolver la integración, el análisis es la única manera conocida de descubrir cómo emergen, subsisten y se desintegran los todos. La ciencia no ignora la síntesis: lo que sí rechaza es la pretensión irracionalista de que las síntesis pueden ser aprehendidas por una intuición especial, sin previo análisis.

4- *La investigación científica es especializada:* una consecuencia del enfoque analítico de los problemas es la especialización. No obstante la unidad del método científico, su aplicación depende, en gran medida, del asunto; esto explica la multiplicidad de técnicas y la relativa independencia de los diversos sectores de la ciencia.

Sin embargo, es menester no exagerar la diversidad de las ciencias al punto de borrar su unidad metodológica. El viejo dualismo materia-espíritu había sugerido la división de las ciencias en *Naturwissens-chaften,* o ciencias de la naturaleza, y *Geisteswissenschaften,* o ciencias del espíritu. Pero estos géneros difieren en cuanto al asunto, a las técnicas y al grado de desarrollo, no así en lo que respecta al objetivo, método y alcance. El dualismo razón-experiencia había sugerido, a su vez, la división de las ciencias fácticas en racionales y empíricas. Menos sostenible aún es la dicotomía ciencias deductivas-ciencias inductivas, ya que toda empresa científica —sin excluir el dominio de las ciencias formales— es tan inductiva como deductiva, sin hablar de otros tipos de inferencia.

La especialización no ha impedido la formación de campos interdisciplinarios tales como la biofísica, la bioquímica, la psicofisiología, la psicología social, la teoría de la información, la cibernética, o la investigación operacional. Con todo, la investigación tiende a estrechar la visión del científico individual; un único remedio ha resultado eficaz contra la unilateralidad profesional, y es una dosis de filosofía.

5- El conocimiento científico es claro y preciso: sus problemas son distintos, sus resultados son claros. El conocimiento ordinario, en cambio, usualmente es vago e inexacto; en la vida diaria nos preocupamos poco por definiciones precisas, descripciones exactas, o mediciones afinadas: si éstas nos preocuparan demasiado, no lograríamos marchar al paso de la vida. La ciencia torna impreciso lo que el sentido común conoce de manera nebulosa; pero, desde luego la ciencia es mucho más que sentido común organizado:

aunque proviene del sentido común, la ciencia constituye una rebelión contra su vaguedad y superficialidad. El conocimiento científico procura la precisión; nunca está enteramente libre de vaguedades, pero se las ingenia para mejorar la exactitud; nunca está del todo libre de error, pero posee una técnica única para encontrar errores y para sacar provecho de ellos.

La claridad y la precisión se obtienen en ciencia de las siguientes maneras:

a- los problemas se formulan de manera clara; lo primero, y a menudo lo más difícil, es distinguir cuáles son los problemas; ni hay artillería analítica o experimental que pueda ser eficaz si no se ubica adecuadamente al enemigo;

b- la ciencia parte de nociones que parecen claras al no iniciado; y las complica, purifica y eventualmente las rechaza; la transformación progresiva de las nociones corrientes se efectúa incluyéndolas en esquemas teóricos. Así, por ejemplo, “distancia” adquiere un sentido preciso al ser incluida en la geometría métrica y en la física;

c- la ciencia define la mayoría de sus conceptos: algunos de ellos se definen en términos de conceptos no definidos o primitivos, otros de manera implícita, esto es, por la función que desempeñan en un sistema teórico (definición contextual). Las definiciones son convencionales, pero no se las elige caprichosamente: deben ser convenientes y fértiles. (¿De qué vale, por ejemplo, poner un nombre especial a las muchachas pecosas que estudian ingeniería y pesan más de 50 kg?) Una vez que se ha elegido una definición, el discurso restante debe guardarte fidelidad si se quiere evitar inconsecuencias;

d- la ciencia crea lenguajes artificiales inventando símbolos (palabras, signos matemáticos, símbolos químicos, etc.; a estos signos se les atribuye significados determinados por medio de reglas de designación (tal como “en el presente contexto H designa el elemento de peso atómico unitario”)). los símbolos básicos serán tan simples como sea posible, pero podrán combinarse conforme a reglas determinadas para formar configuraciones tan complejas como sea necesario (las leyes de combinación de los signos que intervienen en la producción de expresiones complejas se llaman *reglas de formación*);

e- la ciencia procura siempre medir y registrar los fenómenos. Los números y las formas geométricas son de gran importancia en el registro, la descripción y la inteligencia de los sucesos y procesos. En lo posible, tales datos debieran disponerse en tablas o resumirse en fórmulas matemáticas. Sin embargo, la formulación matemática, deseable como es, no es una condición indispensable para que el conocimiento sea científico; lo que caracteriza el conocimiento científico es la exactitud en un sentido general antes que la exactitud numérica o métrica, la que es inútil si media la vaguedad conceptual. Más aún, la investigación científica emplea, en medida creciente, capítulos no numéricos y no métricos de la matemática, tales como la topología, la teoría de los grupos, o el álgebra de las clases, que no son ciencias del número y la figura, sino de la relación.

6- *El conocimiento científico es comunicable:* no es inefable sino expresable, no es privado sino público. El lenguaje científico comunica información a quienquiera haya sido adiestrado para entenderlo. Hay, ciertamente, sentimientos oscuros y nociones difusas, incluso en el desarrollo de la ciencia (aunque no en la presentación final del trabajo científico); pero es preciso aclararlos antes de poder estimar su adecuación. Lo que es inefable puede ser propio de la poesía o de la música, no de la ciencia, cuyo lenguaje es informativo y no expresivo o imperativo La inefabilidad misma es, en cambio, tema de investigación científica, sea psicológica o lingüística.

La comunicabilidad es posible gracias a la precisión; y es a su vez una condición necesaria para la verificación de los datos empíricos y de las hipótesis científicas. Aun cuando, por “razones” comerciales o políticas, se mantengan en secreto durante algún tiempo unos trozos del saber, deben ser comunicables en principio para que puedan ser considerados científicos. La comunicación de los resultados y de las técnicas de la ciencia no sólo perfecciona la educación general sino que multiplica las posibilidades de su confirmación o refutación. La verificación independiente ofrece las máximas garantías técnicas y morales, y ahora es posible en muchos campos, en escala internacional. Por esto, los científicos consideran el secreto en materia científica como enemigo del progreso de la ciencia; la política del secreto científico es, en efecto, el más eficaz originador de estancamiento en la cultura, en la tecnología y en la economía, así como una fuente de corrupción moral.

7- *El conocimiento científico es verificable:* debe aprobar el examen de la experiencia. A fin de explicar un conjunto de fenómenos, el científico inventa conjeturas fundadas de alguna manera en el saber adquirido. Sus

suposiciones pueden ser cautas o audaces simples o complejas; en todo caso deben ser puestas a prueba. El test de las hipótesis fácticas es empírico, esto es, observacional o experimental. El haberse dado cuenta de esta verdad hoy tan trillada es la contribución inmortal de la ciencia helenística. En ese sentido, las ideas científicas (incluidos los enunciados de leyes) no son superiores a las herramientas o a los vestidos: si fracasan en la práctica, fracasan por entero.

La experimentación puede calar más profundamente que la observación, porque efectúa cambios en lugar de limitarse a registrar variaciones: aísla y controla las variables sensibles o pertinentes. Sin embargo los resultados experimentales son pocas veces interpretables de una sola manera. Más aún, no todas las ciencias pueden experimentar; y en ciertos capítulos de la astronomía y de la economía se alcanza una gran exactitud sin ayuda del experimento. La ciencia fáctica es por esto empírica en el sentido de que la comprobación de sus hipótesis involucra la experiencia; pero no es necesariamente experimental y en particular no es agotada por las ciencias de laboratorio, tales como la física.

La prescripción de que las hipótesis científicas deben ser capaces de aprobar el examen de la experiencia es una de las reglas del método científico; la aplicación de esta regla depende del tipo de objeto del tipo de la hipótesis en cuestión y de los medios disponibles. Por esto se necesita una multitud de técnicas de verificación *empírica.* La verificación de la fórmula de un compuesto químico se hace de manera muy diferente que la verificación de un cálculo astronómico o de una hipótesis concerniente al pasado de las rocas o de los hombres. Las técnicas de verificación evolucionan en el curso del tiempo; sin embargo, siempre consisten en poner a prueba consecuencias particulares de hipótesis generales (entre ellas, enunciados de leyes). Siempre se reducen a mostrar que hay, o que no hay, algún fundamento para creer que las suposiciones en cuestión corresponden a los hechos observados o a los valores medidos.

La verificabilidad hace a la esencia del conocimiento científico; si así no fuera, no podría decirse que los científicos procuran alcanzar conocimiento objetivo.

8- *La investigación científica es metódica:* no es errática sino paneada. los investigadores no tantean en la oscuridad: saben lo que buscan y cómo encontrarlo. El planeamiento de la investigación no excluye el azar; sólo que,

a hacer un lugar a los acontecimientos imprevistos es posible aprovechar la interferencia del azar y la novedad inesperada. Más aún a veces el investigador produce el azar deliberadamente. Por ejemplo, para asegurar la uniformidad de una muestra, y para impedir una preferencia inconsciente en la elección de sus miembros, a menudo se emplea la técnica de la casualización, en que la decisión acerca de los individuos que han de formar parte de ciertos grupos se deja librada aa una moneda o a algún otro dispositivo. De esta manera, el investigador pone el azar al servicio de orden: en lo cual no hay paradoja, porque el acaso opera al nivel de los individuos, al par que el orden opera en el grupo con totalidad.

Todo trabajo de investigación se funda sobre el conocimiento anterior, y en particular sobre las conjeturas mejor confirmadas. (Uno de los muchos problemas de la metodología es, precisamente averiguar cuáles son los criterios para decidir si una hipótesis dada puede considerarse razonablemente confirmada, eso es, si el peso que le acuerdan los fundamentos inductivos y de otro orden basta para conservarla). Más aun, la investigación procede conforme a reglas y técnicas que han resultado eficaces en el pasado pero que son perfeccionadas continuamente, no sólo a la luz de nuevas experiencias, sino también de resultados del examen matemático y filosófico. Una de las reglas de procedimiento de la ciencia fáctica es la siguiente: las variables relevantes (o que se sospecha que son sensibles) debieran variarse una cada vez.

La ciencia fáctica emplea el método experimental concebido en un sentido amplio. Este método consiste en el test empírico de conclusiones particulares extraídas de hipótesis generales (tales como “los gases se dilatan cuando se los calienta” o “los hombres se rebelan cuando se los oprime”). Este tipo de verificación requiere la manipulación de la observación y el registro de fenómenos; requiere también el control de las variables o factores relevantes; siempre que fuera posible debiera incluir la producción artificial deliberada de los fenómenos en cuestión, y en todos los casos exige el análisis y crudos son inútiles y no son dignos de confianza; es preciso elaborarlos, organizarlos y confrontarlos con las conclusiones teóricas.

El método científico no provee recetas infalibles para encontrar la verdad: sólo contiene un conjunto de prescripciones falibles (perfectibles) para el planeamiento de observaciones y experimentos, para la interpretación de sus resultados, y para el planteo mismo de los problemas. Es, en suma, la manera en que la ciencia inquiere en lo desconocido. Subordinadas a las

reglas generales del método científico, y al mismo tiempo en apoyo de ellas, encontramos las diversas técnicas que se emplean en las ciencias especiales: las técnicas para pesar, para observar por el microscopio, para analizar compuestos químicos,para dibujar gráficos que resumen datos empíricos, para reunir informaciones acerca de costumbres, etc. La ciencia es pues, esclava de sus propios métodos y técnicas mientras éstos tienen éxito: pero es libre de multiplicar y de modificar en todo momento sus reglas, en aras de mayor racionalidad y objetividad.

9- *El conocimiento científico es sistemático:* una ciencia no es un agregado de informaciones inconexas, sino un sistema de ideas conectadas lógicamente entre sí. Todo sistema de ideas caracterizado por cierto conjunto básico (pero refutable) de hipótesis peculiares, y que procura adecuarse a una clase de hechos, es una teoría. Todo capítulo de una ciencia especial contiene teorías o sistemas de ideas que están relacionadas lógicamente entre sí, esto es, que están ordenadas mediante la relación “implica”. Esta conexión entre las ideas puede calificarse de orgánica, en el sentido de que la sustitución de cualquiera de las hipótesis básicas produce un cambio radical en la teoría o grupo de teorías.

El fundamento de una teoría dada no es un conjunto de hechos sino, más bien, un conjunto de principios, o hipótesis de cierto grado de generalidad (y, por consiguiente, de cierta fertilidad lógica). Las conclusiones (o teoremas) pueden extraerse de los principios, sea en la forma natural, o con la ayuda de técnicas especiales que involucran operaciones matemáticas.
El carácter matemático del conocimiento científico —esto es, el hecho de que es fundado, ordenado y coherente— es lo que lo hace racional. La racionalidad permite que el progreso científico se efectúe no sólo por la acumulación gradual de resultados, sino también por revoluciones. Las revoluciones científicas no son descubrimientos de nuevos hechos aislados, ni son perfeccionamientos en la exactitud de las observaciones sino que consisten en la sustitución de hipótesis de gran alcance (principios) por nuevos axiomas, y en el reemplazo de teorías enteras por otros sistemas teóricos. Sin embargo, semejantes revoluciones son a menudo provocadas por el descubrimiento de nuevos hechos de los que no dan cuenta las teorías anteriores, aunque a veces se encuentran en el proceso de comprobación de dichas teorías; y las nuevas teorías se torna verificaves en muchos casos, merced a la invención de nuevas técnicas de medición, de mayor precisión.

10- *El conocimiento científico es general:* ubica los hechos singulares en pautas generales, los enunciados particulares en esquemas amplios. El científico se ocupa del hecho singular en la medida en que éste es miembro de una clase o caso de una ley; más aún, presupone que todo hecho es clasificable y legal. No es que la ciencia ignore la cosa individual o el hecho irrepetible; lo que ignora es el hecho aislado. Por esto la ciencia no se sirve de los datos empíricos —que siempre son singulares— como tales; éstos son mudos mientras no se los manipula y convierte en piezas de estructuras teóricas.

En efecto, uno de los principios ontológicos que subyacen a la investigación científica es que la variedad y aun la unicidad en algunos respectos son compatibles con la uniformidad y la generalidad en otros respectos. Al químico no le interesa ésta o aquella hoguera, sino el proceso de combustión en general: trata de descubrir lo que comparten todos los singulares. El científico intenta exponer los universales que se esconden en el seno de los propios singulares; es decir, no considera los universales *ante rem* ni *post rem* sino *in re:* en la cosa, y no antes o después de ella. Los escolásticos medievales clasificarían al científico moderno como realista inmanen-tista, porque, al descartar los detalles al procurar descubrir los rasgos comunes a individuos que son únicos en otros respectos al buscar las variables pertinentes (o cualidades esenciales) y las relaciones constantes entre ellas (las leyes), el científico intenta exponer la naturaleza esencial de las cosas naturales y humanas.

El lenguaje científico no contiene solamente términos que designan hechos singulares y experiencias individuales, sino también términos generales que se refieren a clases de hechos. La generalidad del lenguaje de la ciencia no tiene, sin embargo, el propósito de alejar a la ciencia de la realidad concreta: por el contrario, la generalización es el único medio que se conoce para adentrarse en lo concreto, para apresar la esencia de las cosas (sus cualidades y leyes esenciales). Con esto, el científico evita en cierta medida las confusiones y los engaños provocados por el flujo deslumbrador de los fenómenos. Tampoco se asfixia la utilidad en la generalidad: por el contrario, los esquemas generales de la ciencia encuadran una cantidad ilimitada de casos específicos, proveen leyes de amplio alcance que incluyen y corrigen todas las recetas válidas de sentido común y de la técnica precientífica.

11- *El conocimiento científico es legal:* busca leyes (de la naturaleza y de la cultura) y las aplica. El conocimiento científico inserta los hechos singulares

en pautas generales llamadas “leyes naturales” o “leyes sociales”. Tras el desorden y la fluidez de las apariencias, la ciencia fáctica descubre las pautas regulares de la estructura y del proceso del ser y del devenir. En la medida en que la ciencia es legal, es esencialista: intenta legar a la raíz de las cosas. Encuentra la esencia en las variables relevantes y en las relaciones invariantes entre ellas.

Hay leyes de hechos y leyes mediante las cuales se pueden explicar otras leyes. El principio de Arquímedes pertenece a la primera clase; pero a su vez puede deducirse de los principios generales de la mecánica; por consiguiente, ha dejado de ser un principio independiente, y ahora es un teorema deducible de hipótesis de nivel más elevado. Las leyes de la física proveen la base de las leyes de las combinaciones químicas; las leyes de la fisiología explican ciertos fenómenos psíquicos; y las leyes de la economía pertenecen a los fundamentos de la sociología. Es decir, los enunciados de las leyes se organizan en una estructura de niveles.

Ciertamente, los enunciados de las leyes son transitorios; pero ¿son inmutables las leyes mismas? Si se considera a las leyes como las pautas mismas del ser y del devenir, entonces debieran cambiar junto con las cosas mismas; por lo menos, debe admitirse que, al emerger nuevos niveles, sus cualidades peculiares se relacionan entre sí mediante nuevas leyes. Por ejemplo, las leyes de la economía han emergido en el curso de la historia sobre la base de otras leyes (biológicas y psicológicas) y, más aún, algunas de ellas cambian con el tipo de organización social.

Por supuesto, no todos los hechos singulares conocidos han sido ya convertidos en casos particulares de leyes generales; en particular los sucesos y procesos de los niveles superiores han sido legalizados sólo en pequeña medida. Pero esto se debe en parte al antiguo prejuicio de que lo humano no es legal, así como a la antigua creencia pitagórica de que solamente las relaciones numéricas merecen llamarse “leyes científicas”. Debiera emplearse el stock íntegro de las herramientas conceptuales en la búsqueda de las leyes de la mente y de la cultura; más aún, acaso el stock de que se dispone es insuficiente y sea preciso inventar herramientas radicalmente nuevas para tratar los fenómenos mentales y culturales, tal como el nacimiento de la mecánica moderna hubiera sido imposible sin la invención expresa del cálculo infinitesimal.

Pero el ulterior avance en el progreso de la legalización de los fenómenos no físicos requiere por sobre todo, una nueva actitud frente al concepto mismo de ley científica. En primer lugar, es preciso comprender que hay muchos tipos de leyes (aun dentro de una misma ciencia), ninguno de los cuales es necesariamente mejor que los tipos restantes. En segundo lugar, debiera tornarse un lugar común entre los científicos de la cultura el que las leyes no se encuentran por mera observación y el simple registro sino poniendo a prueba hipótesis: los enunciados de leyes no son, en efecto, sino hipótesis confirmadas. Y cómo habríamos de emprender la confección de hipótesis científicas si no presumiéramos que todo hecho singular es legal?

12- *La ciencia es explicativa:* intenta explicar los hechos en términos de leyes, y las leyes en términos de principios. los científicos no se conforman con descripciones detalladas; además de inquirir cómo son las cosas, procuran responder al por qué: por qué ocurren los hechos como ocurren y no de otra manera. La ciencia deduce proposiciones relativas a hechos singulares a partir de leyes generales, y deduce las leyes a partir de enunciados nomológicos aún más generales (principios). Por ejemplo, las leyes de Kepler explicaban una colección de hechos observados del movimiento planetario; y Newton explicó esas leyes deduciéndolas de principios generales explicación que permitió a otros astrónomos dar cuenta de las irregularidades de las órbitas de los planetas que eran desconocidas para Kepler.

Solía creerse que explicar es señalar la causa, pero en la actualidad se reconoce que la explicación causal no es sino un tipo de explicación científica. La explicación científica se efectúa siempre en términos de leyes, y las leyes causales no son sino una subclase de las leyes científicas. Hay diversos tipos de leyes científicas y, por consiguiente, hay una variedad de tipos de explicación científica: morfológicas, cinemáticas, dinámicas, de composición, de conservación, de asociación, de tendencias globales, dialécticas, teleológicas, etc.

La historia de la ciencia enseña que las explicaciones científicas se corrigen o descartan sin cesar. ¿Significa esto que son todas falsas? En las ciencias fácticas, la verdad y el error no son del todo ajenos entre sí: hay verdades parciales y errores parciales; hay aproximaciones buenas y otras malas. La ciencia no obra como Penélope, sino que emplea la tela tejida ayer. Las explicaciones científicas no son finales pero son perfectibles.

13- *El conocimiento científico es predictivo:* Trasciende la masa de los hechos de experiencia, imaginando cómo puede haber sido el pasado y cómo podrá ser el futuro. La predicción es, en primer lugar, una manera eficaz de poner a prueba las hipótesis; pero también es la clave del control y aún de la modificación del curso de los acontecimientos. La predicción científica en contraste con la profecía se funda sobre leyes y sobre informaciones específicas fidedignas, relativas al estado de cosas actual o pasado. No es del tipo "ocurrirá E", sino más bien de este otro: "ocurrirá E1 siempre que suceda C1 pues siempre que sucede C es seguido por o está asociado con E". C y E designan clases de sucesos en tanto que C1 y E1 denotan los hechos específicos que se predicen sobre la base del o los enunciados que conectan a C con E en general.

La predicción científica se caracteriza por su perfectibilidad antes que por su certeza. Más aún, las predicciones que se hacen con la ayuda de reglas empíricas son a veces más exactas que las predicciones penosamente elaboradas con herramientas científicas (leyes, informaciones específicas y deducciones); tal es el caso con frecuencia, de los pronósticos meteorológicos, de la prognosis médica y de la profecía política. Pero en tanto que la profecía no es perfectible y, si falla, nos obliga a corregir nuestras suposiciones, alcanzando así una inteligencia más profunda. Por esto la profecía exitosa no es un aporte al conocimiento teórico, en tanto que la predicción científica fallida puede contribuir a él.

Puesto que la predicción científica depende de leyes y de ítems de información específica, puede fracasar por inexactitud de los enunciados de las leyes o por imprecisión de la información disponible. (También puede fallar, por supuesto, debido a errores cometidos en el proceso de inferencia lógica o matemática que conduce de las premisas (leyes e informaciones) a la conclusión (enunciado predictivo)). Una fuente importante de fallas en la predicción es el conjunto de suposiciones acerca de la naturaleza del objeto (sistema físico, organismo vivo, grupo social, etc.) cuyo comportamiento ha de predecirse. Por ejemplo, puede ocurrir que creamos que el sistema en cuestión está suficientemente aislado de las perturbaciones exteriores, cuando en rigor éstas cuentan a la larga; dado que la aislación es una condición necesaria de la descripción del sistema con ayuda de un puñado de enunciados de leyes, no debiera sorprender que fuera tan difícil predecir el comportamiento de sistemas abiertos tales como el océano, la atmósfera, el ser vivo o el hombre.

Puesto que la predicción científica se funda en las leyes científicas, hay tantas clases de predicciones como clases de enunciado nomológicos. Algunas leyes nos permiten predecir resultados individuales, aunque no sin error si la predicción se refiere al valor de una cantidad. Otras leyes; incapaces de decirnos nada acerca del comportamiento de los individuos (átomos, personas, etc.) son en cambio la base para la predicción de algunas tendencias globales y propiedades colectivas de colecciones numerosas de elementos similares; son las leyes estadísticas. Las leyes de la historia son de este tipo; y por esto es casi imposible la predicción de los sucesos individuales en el campo de la historia, pudiendo preveer solamente el curso general de los acontecimientos.

14- *La ciencia es abierta:* no reconoce barreras a priori que limiten el conocimiento. Si un conocimiento fáctico no es refutable en principio, entonces no pertenece a la ciencia sino a algún otro campo. Las nociones acerca de nuestro medio, natural o social, o acerca del yo, no son finales: están todas en movimiento, todas son falibles. Siempre es concebible que pueda surgir una nueva situación (nuevas informaciones o nuevos trabajos teóricos) en que nuestras ideas, por firmemente establecidas que parezcan, resulten inadecuadas en algún sentido. La ciencia carece de axiomas evidentes: incluso los principios más generales y seguros son postulados que pueden ser corregidos o reemplazados. A consecuencia del carácter hipotético de los enunciados de leyes, y de la naturaleza perfectible de los datos empíricos la ciencia no es un sistema dogmático y cerrado sino controvertido y abierto. O, más bien, la ciencia es abierta como sistema porque es falible y por consiguiente capaz de progresar. En cambio, puede argüirse que la ciencia es metodológi-camente cerrada no en el sentido de que las reglas del método científico sean finales sino en el sentido de que es autocorrectiva: el requisito de la verificabilidad de las hipótesis científicas basta para asegurar el progreso científico.

Tan pronto como ha sido establecida una teoría científica, corre el peligro de ser refutada o, al menos, de que se circunscriba su dominio. Un sistema cerrado de conocimiento fáctico que excluya toda ulterior investigación, puede llamarse sabiduría pero es en rigor un detritus de la ciencia. El sabio moderno, a diferencia del antiguo no es tanto un acumulador de conocimientos como un generador de problemas. Por consiguiente prefiere los últimos números de las revistas especializadas a los manuales, aún cuando estos últimos sean depósitos de verdad más vastos y fidedignos que aquellas. El investigador moderno ama la verdad pero no se interesa por las

teorías irrefutables. Una teoría puede haber permanecido intocada no tanto por su alto contenido de verdad cuanto porque nadie la ha usado. No se necesita emprender una investigación empírica para probar la tautología de que ni siquiera los científicos se casan con solteronas.

Los modernos sistemas de conocimiento científico son como organismos en crecimiento: mientras están vivos cambian sin pausa. Esta es una de las razones por las cuales la ciencia es éticamente valiosa: porque nos recuerda que la corrección de errores es tan valiosa como el no cometerlos y que probar cosas nuevas e inciertas es preferible a rendir culto a las viejas y garantidas. La ciencia, como los organismos, cambia a la vez internamente y debido a sus contactos con sus vecinos; esto es, resolviendo sus problemas específicos y siendo útil en otros campos.

15- La ciencia es útil: porque busca la verdad, la ciencia es eficaz en la provisión de herramientas para el bien y para el mal. El conocimiento ordinario se ocupa usualmente de lograr resultados capaces de ser aplicados en forma inmediata; con ello no es suficientemente verdadero, con lo cual no puede ser suficientemente eficaz. Cuando se dispone de un conocimiento adecuado de las cosas es posible manipularlas con éxito. La utilidad de la ciencia es una consecuencia de su objetividad; sin proponerse necesariamente alcanzar resultados aplicables, la investigación los provee a la corta o a la larga. La sociedad moderna paga la investigación porque ha aprendido que la investigación rinde. Por este motivo, es redundante exhortar a los científicos a que produzcan conocimientos aplicables: no pueden dejar de hacerlo. Es cosa de los técnicos emplear el conocimiento científico con fines prácticos, y los políticos son los responsables de que la ciencia y la tecnología se empleen en beneficio de la humanidad. Los científicos pueden a lo sumo, aconsejar acerca de cómo puede hacerse uso racional, eficaz y bueno de la ciencia.

La técnica precientífica era primordialmente una colección de recetas pragmáticas no entendidas, muchas de las cuales desempeñaban la función de ritos mágicos. La técnica moderna, es en medida creciente —aunque no exclusivamente— ciencia aplicada. La ingeniería es física y química aplicadas, la medicina es biología aplicada, la psiquiatría es psicología y neurología aplicadas; y debiera llegar el día en que la política se convierta en sociología aplicada.

Pero la tecnología es más que ciencia aplicada: en primer lugar porque tiene sus propios procedimientos de investigación, adaptados a circunstancias concretas que distan de los casos puros que estudia la ciencia. En segundo lugar, porque toda rama de la tecnología contiene un cúmulo de reglas empíricas descubiertas antes que los principios científicos en los que —si dichas reglas se confirman— terminan por ser absorbidas. La tecnología no es meramente el resultado de aplicar el conocimiento científico existente a los casos prácticos: la tecnología viva es esencialmente, el enfoque científico de los problemas prácticos, es decir, el tratamiento de estos problemas sobre un fondo de conocimiento científico y con ayuda del método científico. Por eso la tecnología, sea de las cosas nuevas o de los hombres, es fuente de conocimientos nuevos.

La conexión de la ciencia con la tecnología no es por consiguiente asimétrica. Todo avance tecnológico plantea problemas científicos cuya solución puede consistir en la invención de nuevas teorías o de nuevas técnicas de investigación que conduzcan a un conocimiento más adecuado y a un mejor dominio del asunto. La ciencia y la tecnología constituyen un ciclo de sistemas interactuantes que se alimentan el uno al otro. El científico torna inteligible lo que hace el técnico y éste provee a la ciencia de instrumentos y de comprobaciones; y lo que es igualmente importante el técnico no cesa de formular preguntas al científico añadiendo así un motor externo al motor interno del progreso científico. La continuación de la vida sobre la Tierra depende del ciclo de carbono: los animales se alimentan de plantas, las que a su vez obtienen su carbono de lo que exhalan los animales. Análogamente la continuación de la civilización moderna depende, en gran medida del ciclo del conocimiento: la tecnología moderna come ciencia, y la ciencia moderna depende a su vez del equipo y del estímulo que le provee una industria altamente tecnificada.

Pero la ciencia es útil en más de una manera. Además de constituir el fundamento de la tecnología, la ciencia es útil en la medida en que se la emplea en la edificación de concepciones del mundo que concuerdan con los hechos, y en la medida en que crea el hábito de adoptar una actitud de libre y valiente examen, en que acostumbra a la gente a poner a prueba sus afirmaciones y a argumentar correctamente. No menor es la utilidad que presta la ciencia como fuente de apasionantes rompecabezas filosóficos, y como modelo de la investigación filosófica.

En resumen, la ciencia es valiosa como herramienta para domar la naturaleza y remodelar la sociedad; es valiosa en sí misma, como clave para la inteligencia del mundo y del yo; y es eficaz en el enriquecimiento, la disciplina y la liberación de nuestra mente.

¿CUÁL ES EL MÉTODO DE LA CIENCIA?

"The lame in the path
outstrips the
swift who wander from it" -
F. Bacon

1. ***La ciencia, conocimiento verificable***

En su deliciosa biografía del Dante (A.C. 1360), Boccaccio[1] expuso su opinión —que no viene al caso— acerca del origen de la palabra "poseía" concluyendo con este comentario: "otros lo atribuyen a razones diferentes acaso aceptables; pero ésta me gusta más". El novelista aplicaba, al conocimiento acerca de la poesía y de su nombre el mismo criterio que podría apreciarse para apreciar la poesía misma: el gusto. Confundía así valores situados en niveles diferentes: el estético, perteneciente a la esfera de la sensibilidad, y el gnoseológico, que no obstante estar enraizado en la sensibilidad está enriquecido con una cualidad emergente: la razón.

Semejante confusión no es exclusiva de poetas: incluso Hume, en una obra célebre por su crítica mortífera de varios dogmas tradicionales escogió el gusto como criterio de verdad. En su *Treatise of Human Nature* (1739) puede leerse:[2] "No es sólo en poesía y en música que debemos seguir nuestro gusto, sino también en la filosofía (que en aquella época incluía también a la ciencia). Cuando estoy convencido de algún principio, no es sino una idea que me golpea (strikes) con mayor fuerza. Cuando prefiero un conjunto de argumentos por sobre otros, no hago sino decidir, sobre la base de mi sentimiento, acerca de la superioridad de su influencia". El subjetivismo era así la playa en que desembarcaba la teoría psicologista de las "ideas" inaugurada por el empirismo de Locke.

El recurso al gusto no era, por supuesto, peor que el argumento de autoridad, criterio de verdad que ha mantenido enjaulado al pensamiento

durante tanto tiempo y con tanta eficacia. Desgraciadamente, la mayoría de la gente, y hasta la mayoría de los filósofos, aún creen —u obran como si creyeran— que la manera correcta de decir el valor de verdad de un enunciado es someterlo a la prueba de algún texto: es decir verificar si es compatible con (o deducible de) frases más o menos célebres tenidas por verdades eternas, o sea, principios infalibles de alguna escuela de pensamiento. En efecto, son demasiados los argumentos filosóficos que se ajustan al siguiente molde: "X está equivocado, porque lo que dice contradice lo que escribió el maestro Y", o bien "el X-ismo es falso porque sus tesis son incompatibles con las proposiciones fundamentales de Y-ismo". Los dogmáticos —antiguos y modernos fuera y dentro de la profesión científica, maliciosos o no— obran de esta manera aun cuando no desean convalidar creencias que simplemente no pueden ser comprobadas, sea empíricamente, sea racionalmente. Porque "dogma" es, por definición, toda opinión no confirmada de la que no se exige verificación porque se la supone verdadera y, más aún, se la supone fuentes de verdades ordinarias.

Otro criterio de verdad igualmente difundido ha sido la evidencia. Según esta opinión, verdadero es aquello que parece aceptable a primera vista, sin examen ulterior: aquello, en suma, que se intuye. Así, Aristó-teles(3) afirmaba que la intuición "aprehende las premisas primarias" de todo discurso, y es por ello "la fuente que origina el conocimiento científico". No sólo Bergson, Husserl y mucho otros intuicionistas e irracionalistas han compartido la opinión de que las esencias pueden cogerse sin más: también el racio-nalismo ingenuo, tal como el que sostenía Descartes, afirma que hay principios evidentes que, lejos de tener que someterse a prueba alguna, son la piedra de toque de toda otra proposición, sea formal o fáctica.
Finalmente, otros han favorecido las "verdades vitales" (o las "mentiras vitales"), esto es, las afirmaciones que se creen o no por conveniencia, independientemente de su fundamento racional y/o empírico. Es el caso de Nietzsche y los pragmatistas posteriores, todos los cuales han exagerado el indudable valor instrumental del conocimiento fáctico, al punto de afirmar que "la posesión de la verdad, lejos de ser (...) un fin en sí, es sólo un medio preliminar para alcanzar otras satisfacciones vitales"(4), de donde "verdadero" es sinónimo de "útil".

Pregúntese a un científico, si cree que tiene derecho a suscribir una afirmación en el campo de las ciencias tan sólo porque le guste, o porque la considere un dogma inexpugnable o porque a él le parezca evidente, o

porque la encuentre conveniente. Probablemente conteste más o menos así: ninguno de esos presuntos criterios de verdad garantiza la objetividad, y el conocimiento objetivo es la finalidad de la investigación científica. Lo que se acepta sólo por gusto o por autoridad, o por parecer evidente (habitual) o por conveniencia, no es sino creencia u opinión, pero no es conocimiento científico. El conocimiento científico es a veces desagradable, a menudo contradice a los clásicos (sobre todo si es nuevo), en ocasiones tortura al sentido común y humilla a la intuición; por último, puede ser conveniente para algunos y no para otros. En cambio aquello que caracteriza al conocimiento científico es su *verifi-cabilidad:* siempre es susceptible de ser verificado (confirmado o disconfirmado).

2. *Veracidad y verificabilidad*

Obsérvese que no pretendemos que el conocimiento científico, por contraste con el ordinario, el tecnológico o el filosófico, sea *verdadero.* Ciertamente lo es con frecuencia, y siempre intenta serlo más y más. Pero la veracidad, que es un objetivo, no caracteriza el conocimiento científico de manera tan inequívoca como el modo, medio o método por el cual la investigación científica plantea problemas y pone a prueba las soluciones propuestas.

En ocasiones, puede alcanzarse una verdad con sólo consultar un texto. Los propios científicos recurren a menudo a un argumento de autoridad atenuada: lo hacen siempre que emplean datos (empíricos o formales) obtenidos por otros investigadores —cosa que no pueden dejar de hacer, pues la ciencia moderna es, cada vez más, una empresa social—. Pero, por grande que sea la autoridad que se atribuye a una fuente jamás se la considera infalible: si se aceptan sus datos, es sólo provisionalmente y porque se presume que han sido obtenidos con procedimientos que concuerdan con el método científico, de manera que son reproducibles por quienquiera que se disponga a aplicar tales procedimientos. En otras palabras: un dato será considerado verdadero hasta cierto punto, siempre que pueda ser confirmado de manera compatible con los cánones del método científico.

En consecuencia, para que un trozo de saber merezca ser llamado "científico", no basta —ni siquiera es necesario— que sea verdadero. Debemos saber, en cambio, cómo hemos llegado a saber, o a presumir, que el enunciado en cuestión es verdadero: debemos ser capaces de enumerar las operaciones (empíricas o racionales) por las cuales es verificable

(confirmable o discon-firmable) de una manera objetiva al menos en principio. Esta no es sino una cuestión de nombres: quienes no deseen que se exija la verificabilidad del conocimiento deben abstraerse de llamar "científicas" a sus propias creencias, aun cuando lleven bonitos nombres con raíces griegas. Se las invita cortésmente a bautizarlas con nombres más impresionantes, tales como "reveladas, evidentes, absolutas, vitales, necesarias para la salud del Estado, indispensables para la victoria del partido", etc.

Ahora bien, para verificar un enunciado —porque las proposiciones, y no los hechos, son verdaderas y falsas y pueden, por consiguiente, ser verificadas— no basta la contemplación y ni siquiera el análisis. Comprobamos nuestras afirmaciones confrontándolas con otros enunciados. El enunciado confirmatorio (o disconfirmatorio), que puede llamarse el *verificans,* dependerá del conocimiento disponible y de la naturaleza de la proposición dada, la que puede llamarse *verificandum.* Los enunciados confirmatorios serán enunciados referentes a la experiencia si lo que se somete a prueba es una afirmación fáctica, esto es, un enunciado acerca de hechos, sean experimentados o no. Observemos, de pasada, que el científico tiene todo el derecho de especular acerca de hechos inexperienciales, esto es, hechos que en una etapa del desarrollo del conocimiento están más allá de alcance de la experiencia humana; pero entonces está obligado a señalar las experiencias que permiten inferir tales hechos inobservados o aun inobservables; vale decir tiene la obligación de anclar sus enunciados fácticos en experiencias conectadas de alguna manera con los hechos transempíricos que supone. Baste recordar la historia de unos pocos inobservables distinguidos: la otra cara de la Luna, las ondas luminosas, los átomos, la conciencia, la lucha de clases y la opinión pública.

En cambio, si lo que se ha verificado no es una proposición referente al mundo exterior sino un enunciado respecto al comportamiento de signos (tal como por ej. 2 + 3 = 5), entonces los enunciados confirmatorios serán definiciones, axiomas, y reglas que se adoptan por una razón cualquiera (por ej. porque son fecundas en la organización de los conceptos disponibles y en la elaboración de nuevos conceptos). En efecto, la verificación de afirmaciones pertenecientes al dominio de las formas (lógica y matemática) no requiere otro instrumento material que el cerebro; sólo la verdad fáctica —como en el caso de "la Tierra es redonda"— requiere la observación o el experimento.

Resumiendo: la verificación de enunciados formales sólo incluye operaciones racionales, en tanto que las proposiciones que comunican información acerca de la naturaleza o de la sociedad han de ponerse a prueba por ciertos procedimientos empíricos tales como el recuento o la medición. Pues, aunque el conocimiento de los hechos no provienen de la experiencia pura —por ser la teoría un componente indispensable de la recolección de informaciones fácticas— no hay otra manera de verificar nuestras sospechas que recurrir a la experiencia, tanto "pasiva" como activa.

3. *Las proposiciones generales verificables: hipótesis científicas*

La descripción que antecede satisfará probablemente, a cualquier científico contemporáneo que reflexione sobre su propia actividad. Pero no resolverá la cuestión para el meta-científico o epis-temólogo, para quien los procedimientos, las normas y a veces hasta los resultados de la ciencia son otros tantos problemas. En efecto, el metacientífico no puede dejar de preguntarse cuáles son las afirmaciones verificables, cómo se llega a afirmarlas, cómo se las comprueba, y en qué condiciones puede decirse que han sido confirmadas. Tratemos de esbozar una respuesta a estas preguntas.

En primer lugar si hemos de tratar el problema de la verificación, debemos averiguar qué se puede verificar, ya que no toda afirmación —ni siquiera toda afirmación significativa— es verificable. Así, por ejemplo, las definiciones nominales —tales como "América es el continente situado al oeste de Europa"— se aceptan o rechazan sobre la base del gusto, de la conveniencia, etc., pero no pueden verificarse, y ello simplemente porque no son verdaderas ni falsas. Por ejemplo, si convenimos en llamar "norte-sur" a la dirección que toma normalmente la aguja de una brújula, semejante nombre puede gustarnos o no, pero es inverificable: no es sino un nombre no se funda sobre elemento de prueba alguno, y ninguna operación podría confirmarlo o disconfirmarlo. En cambio lo que puede confirmarse o disconfirmarse es una afirmación fáctica que contenga a ese término tal como "la 5º Avenida corre de sur a norte". La verificación de esa afirmación es posible, y puede hacerse con la ayuda de una brújula.

No sólo las definiciones nominales sino también las afirmaciones acerca de fenómenos sobrenaturales son inveri-ficables, puesto que por definición trascienden todo cuanto está a nuestro alcance, y no se las puede poner a

prueba con ayuda de la lógica ni de la matemática. Las afirmaciones acerca de la sobrenaturaleza son inverificables no porque no se refieran a hechos —pues a veces pretenden hacerlo, sino porque no se dispone de método alguno mediante el cual se podrá decidir cuál es su valor de verdad. En cambio, muchas de ellas son perfectamente significativas para quien se tome el trabajo de ubicarlas en su contexto sin pretender reducirlas, por ejemplo, a conceptos científicos. La verificación torna más exacto el significado, pero no produce significado alguno. Más bien al contrario, la posesión de un significado determinado es una condición necesaria para que una proposición sea verificable. Pues, ¿cómo habríamos de disponernos a comprobar lo que no entendemos?

Ahora bien, los enunciados verifi-cables son de muchas clases. Hay proposiciones singulares tales como “este trozo de hierro está caliente”; particulares o existenciales, tales como “algunos trozos de hierro están calientes” (que es verificable-mente falsa). Hay, además, enunciados de leyes, tales como “todos los metales se dilatan con el calor” (o mejor, “para todo x, si x es un trozo de metal que se calienta, entonces x se dilata”). Las proposiciones singulares y particulares pueden verificarse a menudo de manera inmediata, con la sola ayuda de los sentidos o eventualmente, con el auxilio de instrumentos que amplíen su alcance; pero otras veces exigen operaciones complejas que implican enunciados de leyes y cálculos matemáticos, como es el caso de “la distancia media entre la Tierra y el Sol es de unos 1.500 millones de kilómetros”.

Cuando un enunciado verificable posee un grado de generalidad suficiente, habitualmente se lo llama hipótesis científica. O, lo que es equivalente, cuando una proposición general (particular o universal) puede verificarse sólo de manera indirecta —esto es, por el examen de algunas de sus consecuencias— es conveniente llamarla “hipótesis científica”. Por ejemplo, “todos los trozos de hierro se dilatan con el calor”, y a fortiori, “todos los metales se dilatan con el calor”, son hipótesis científicas: son puntos de partida de raciocinios y, por ser generales, sólo pueden ser confirmados poniendo a prueba sus consecuencias particulares, esto es, probando enunciados referentes a muestras específicas de metal.

Solía creerse que el discurso científico no incluye elementos hipotéticos sino tan sólo hechos, y, sobre todo, lo que en inglés se denominan *hard facts.* Ahora se comprende que el núcleo de toda teoría científica es un conjunto de hipótesis verificables. Las hipótesis científicas son, por una parte, remates de

cadenas inferen-ciales no demostrativas (analógicas o inductivas) más o menos oscuras; por otra parte, son puntos de partida de cadenas deductivas cuyos últimos eslabones —los más próximos a los sentidos, en el caso de la ciencia fáctica—, deben pasar la prueba de la experiencia.
Más aún: habitualmente se concuerda en que debiera llamarse “hipótesis” no sólo a las conjeturas de ensayo, sino también a las suposiciones razonablemente confirmadas o establecidas, pues probablemente no hay enunciados fácticos generales perfectos. La experiencia ha sugerido adoptar este sentido de la palabra “hipótesis”. considérese, por ejemplo, la ley de Newton de la gravedad, que ha sido confirmada en casi todos los casos con una precisión asombrosa. Tenemos dos razones para llamarla hipótesis: la primera es que ha pasado la prueba sólo un número finito de veces; la segunda, es que hemos terminado por aprehender que incluso ese célebre enunciado de ley es tan sólo una primera aproximación de un enunciado más exacto incluido en la teoría general de la relatividad, que tampoco es probable que sea definitiva.

4. ***El método científico ¿ars inveniendi?***

Hemos convenido en que un enunciado fáctico general susceptible de ser verificado puede llamarse hipótesis, lo que suena más respetable que corazonada, sospecha, conjetura, suposición o presunción, y es también más adecuado que estos términos, ya que la etimología de es punto de partida, que ciertamente lo es una vez que se ha dado con ella. Abordemos ahora el segundo problema que nos propusimos, a saber: ¿existe una técnica infalible para inventar hipótesis científicas que sean probablemente verdaderas? En otras palabras: ¿existe un método, en el sentido cartesiano de conjunto de “reglas ciertas y fáciles” que nos conduzca a enunciar verdades fácticas de gran extensión?

Muchos hombres, en el curso de muchos siglos, han creído en la posibilidad de descubrir la técnica del descubrimiento, y de inventar la técnica de la invención. Fue fácil bautizar al niño no nacido, y se lo hizo con el nombre de *ars inveniendi.* Pero semejante arte jamás fue inventado. Lo que es más, podría argüirse que jamás se lo inventará, a menos que se modifique radicalmente la definición de “ciencia”; en efecto, el conocimiento científico por oposición a la sabiduría revelada, es esencialmente falible, esto es, susceptible de ser parcial o aun totalmente refutado. La falibilidad del conocimiento científico, y, por consiguiente la imposibilidad de establecer

reglas de oro que nos conduzcan derechamente a verdades finales, no es sino el complemento de aquella verificabilidad que habíamos encontrado en el núcleo de la ciencia.
Vale decir, no hay reglas infalibles que garanticen por anticipado el descubrimiento de nuevos hechos y la invención de nuevas teorías, asegurando así la fecundidad de la investigación científica: la certidumbre debe buscarse tan solo en las ciencias formales. ¿Significa esto que la investigación científica es errática e ilegal, y por consiguiente que los científicos lo esperan todo de la intuición o de la iluminación? Ta es la moraleja que algunos científicos y filósofos eminentes han extraído de la inexistencia de leyes que nos aseguren contra la infertilidad y el error. Por ejemplo, Bridgman —el expositor del operacionismo— ha negado la existencia del método científico, sosteniendo que "la ciencia es ño que hacen los científicos, y hay tantos métodos científicos como hombres de ciencia".(5)

Es verdad que en ciencia no hay caminos reales; que la investigación se abre camino en la selva de los hechos, y que los científicos sobresalientes elaboran su propio estilo de pesquisa. Sin embargo esto no debe hacernos desesperar de la posibilidad de descubrir pautas, normalmente satisfactorias de *plantear problemas y poner a prueba hipótesis.* Los científicos que van en pos de la verdad no se comportan ni como soldados que cumplen obedientemente las reglas de la ordenanza (opiniones de Bacon y Descartes), ni como los caballeros de Mark Twain, que cabalgaban en cualquier dirección para llegar a Tierra Santa (opinión de Bridgman). No hay avenidas hechas en ciencia, pero hay en cambio una brújula mediante la cual a menudo es posible estimar si se está sobre una huella promisoria. Esta brújula es el método científico, que no produce automáticamente el saber pero que nos evita perdernos en el caos aparente de los fenómenos, aunque sólo sea porque nos indica cómo *no* plantear los problemas y cómo *no* sucumbir al embrujo de nuestros prejuicios predilectos.

La investigación no es errática sino metódica; sólo que no hay una sola manera de sugerir hipótesis, sino muchas maneras: las hipótesis no se nos imponen por la fuerza de los hechos, sino que son *inventadas* para dar cuenta de los hechos. Es verdad que la invención no es ilegal, sino que sigue ciertas pautas; pero éstas son psicológicas antes que lógicas, son peculiares de los diversos tipos intelectuales, y, por añadidura, los conocemos poco, porque apenas se los investiga. Hay, ciertamente, reglas que facilitan la invención científica, y en especial la formulación de hipótesis; entre ellas figuran las siguientes: el sistemático reordena-miento de los datos, la

supresión imaginaria de factores con el fin de descubrir las variables relevantes, el obstinado cambio de representación en busca de analogías fructíferas. Sin embargo, las reglas que favorecen o entorpecen el trabajo científico no son de oro sino plásticas; más aún, el investigador rara vez tiene conciencia del camino que ha tomado para formular sus hipótesis. Por esto la investigación científica puede planearse a grandes líneas y no en detalle, y aún menos puede ser regimentada.

Algunas hipótesis se formulan por vía inductiva, esto es, como generalizaciones sobre la base de la observación de un puñado de casos particulares. Pero la inducción dista de ser la única o siquiera la principal de las vías que conducen a formular enunciados generales verificables. Otras veces, el científico opera por analogía; por ejemplo la teoría ondulatoria de la luz le fue sugerida a Huyghens (1690) por una comparación con las olas.(6) En algunos casos el principio heurístico es una analogía matemática; así, por ejemplo, Maxwell (1873) predijo la existencia de ondas electromagnéticas sobre la base de una analogía formal entre sus ecuaciones del campo y la conocida ecuación de las ondas elásticas.(7) Ocasionalmente, el investigador es guiado por consideraciones filosóficas; así fue como procedió Oersted (1820); buscó deliberadamente una conexión entre la electricidad y el magnetismo, obrando sobre la base de la convicción a priori de que la estructura de todo cuanto existe es polar, y que todas las “fuerzas” de la naturaleza están conectadas orgánicamente entre sí.(8) La convicción filosófica de que la complejidad de la naturaleza es ilimitada le llevó a Bohm a especular sobre un nivel subcuántico, fundándose en una analogía con el movimiento browniano clásico.(9) Ni siquiera la fantasía teológica ha dejado de contribuir, aunque por cierto en mínima medida; recuérdese el principio de la mínima acción de Maupertuis (1747), formulado en la creencia de que el Creador lo había dispuesto todo de la manera más económica posible.

A las hipótesis científicas se llega, en suma, de muchas maneras: hay muchos principios heurísticos, y el único invariante es el requisito de verificabi-lidad. La inducción, la analogía y la deducción de suposiciones extracientíficas (por ej. filosóficas) proveen puntos de partida que deben ser elaborados y probados.

5. *El método científico, técnica de planteo y comprobación*

Los especialistas científicos habitualmente no se interesan por el problema de la génesis de las hipótesis científicas; esta cuestión es de competencia de las diversas ciencias de la ciencia. El proceso que conduce a la enunciación de una hipótesis científica puede estudiarse en diversos niveles; el lógico, el psicológico y el sociológico. El lógico se interesará por la inferencia plausible como conexión inversa (no deductiva) entre proposiciones singulares y generales. El psicólogo investigará la etapa de la "iluminación" o relámpago en el proceso de resolución de los problemas, etapa en que se produce la síntesis de elementos anteriormente inconexos; también se propondrá estudiar fenómenos tales como los estímulos e inhibiciones que caracterizan al trabajo en equipo. El sociólogo inquirirá por qué determinada estructura social favorece ciertas clases de hipótesis mientras desalienta a otras.

El metodólogo, en cambio no se ocupará de la génesis de las hipótesis, sino de planteo de los problemas que las hipótesis intentan resolver y de su comprobación. El origen del nexo entre el planteo y la comprobación —esto es, el surgimiento de la hipótesis— se lo deja a otros especialistas. El motivo es, nuevamente, una cuestión de nombres: lo que hoy se llama "método científico" no es ya una lista de recetas para dar con las respuestas correctas a las preguntas científicas, sino el conjunto de procedimientos por los cuales: a) se plantean los problemas científicos y, b) se ponen a prueba las hipótesis científicas.

El estudio del método científico es, en una palabra, la teoría de la investigación. Esta teoría es descriptiva en la medida en que descubre pautas en la investigación científica (y aquí interviene la historia de la ciencia, como proveedora de ejemplos). La metodología es normativa en la medida en que muestra cuáles son las reglas de procedimiento que pueden aumentar la probabilidad de que el trabajo sea fecundo. Pero las reglas discernibles en la práctica científica exitosa son perfectibles, no son cánones intocables, porque no garantizan la obtención de la verdad; pero, en cambio, facilitan la detección de errores.

Si la hipótesis que ha de ser puesta a prueba se refiere a objetos ideales (números, funciones, figuras, fórmulas lógicas, suposiciones filosóficas, etc.), su verificación consistirá en la prueba de su coherencia —o incoherencia— con enunciados (postulados, definiciones, etc.) previamente aceptados. En este caso, la confirmación puede ser una demostración definitiva. En cambio, si el enunciado en cuestión se refiere (de manera significativa) a la naturaleza o a la sociedad, puede ocurrir, o bien que podamos averiguar su

valor de verdad con la sola ayuda de la razón, o que debamos recurrir, además a la experiencia.

El análisis lógico basta cuando el enunciado que se pone a prueba es de alguno de los siguientes tipos: a) una simple tautología, o sea, un enunciado verdadero en virtud de su sola forma, independientemente de su contenido (como el caso de “El agua moja o no moja”; b) una definición, o equivalencia entre dos grupos de términos (como en el caso de “Los seres vivos se alimentan, crecen y se reproducen); c) una consecuencia de enunciados fácticos que poseen una extensión o alcance mayor (como ocurre cuando se deduce el principio de la palanca de la ley de conservación de la energía). Vale decir, el análisis lógico y matemático comprobará la validez de los enunciados (hipótesis) que son analíticos, determinado contexto. Muchos enunciados no son intrínsecamente analíticos en su analiticidad es relativa o contextual, como lo demuestra el hecho de que esta propiedad puede perderse, si se estrecha o amplía el contexto, o si se reagrupan los enunciados de la teoría correspondiente, de manera ta que los antiguos teoremas se conviertan en postulados y viceversa.
Vale decir, la mera referencia a los hechos no basta para decidir qué herramienta, si el análisis o la experiencia, ha de emplearse. Para convalidar una proposición hay que empezar por determinar su status y estructura lógica. En consecuencia, *el análisis lógico (tanto sintáctico como semántico), es la primera operación que debiera emprenderse al comprobar las hipótesis científicas, sean fácticas o no.* Esta norma debiera considerarse como una regla del método científico.

Los enunciados fácticos no analíticos —esto es, las proposiciones referentes a hechos pero indecidibles con la sola ayuda de la lógica— tendrán que concordar con los datos empíricos o adaptarse a ellos. Esta norma, que distaba de ser obvia antes del siglo XVIII, y que contradice tanto el apriorismo escolástico como el racionalismo cartesiano, es la segunda regla del método científico. Podemos enunciarla de la siguiente manera: *El método científico, aplicado a la comprobación de afirmaciones informativas, se reduce al método experimental.*

6. *El método experimental*

La experimentación involucra la modificación deliberada de algunos factores, es decir, la sujeción del objeto de experimentación a estímulos controlados. Pero lo que habitualmente se llama “método experimental” no envuelve

necesariamente experimentos en el sentido estricto del término, y puede aplicarse fuera del laboratorio. Así, por ejemplo la astronomía no experimenta con cuerpos celestes (por el momento) pero es una ciencia empírica porque aplica el método experimental. En lugar de elaborar una definición del término, veamos cómo funcionó en un caso famoso tan conocido que casi siempre se lo entiende mal.

Adams y Le Verrier descubrieron el planeta Neptuno procediendo de una manera que es típica de la ciencia moderna. Sin embargo, no ejecutaron un solo experimento; ni siquiera partieron de "hechos sólidos". En efecto, el problema que se pantearon fué el de explicar ciertas irregularidades halladas en el movimiento de los planetas exteriores (a la Tierra); pero esas irregularidades no eran fenómenos observables: consistían en discrepancias entre las órbitas *observadas* y las *calculadas.* El hecho que debía explicar no era un conjunto de datos de los sentidos, sino un conflicto entre datos empíricos y consecuencias deducidas de los principios de la mecánica celeste.

La hipótesis que propusieron para explicar la discrepancia fué que un planeta transuraniano inobservado perturbaba el movimiento de los planetas exteriores entonces conocidos. También podrían haber imaginado que la ley de Newton de la gravitación falla a grandes distancias, pero esto era apenas concebible en una época en que la *Weltanschauung* prevaleciente entre los científicos incluía una fé dogmática en la física newtoniana. De esta hipótesis, unida a los principios aceptados de la mecánica celeste y ciertas suposiciones específicas (referentes, entre otras, al plano de la órbita), Adams y Le Verrier dedujeron consecuencias observables con la sola ayuda de la lógica y la matemática: predijeron el lugar en que se encontraba el "nuevo" planeta en tal y cual noche. La observación del cielo y el descubrimiento no fueron sino el último eslabón de un largo proceso por el cual se probaron conjuntamente varias hipótesis.

No es fácil decidir si una hipótesis concuerda con los hechos. En primer lugar, la verificación empírica rara vez puede determinar cuál de los componentes de una teoría dada ha sido confirmado o disconfirmado; habitualmente se prueban sistemas de proposiciones antes que enunciados aislados. Pero la principal dificultad proviene de la generalidad de las hipótesis científicas. La hipótesis de Adams y Le Verrier era general, aun cuando ello no es aparente a primera vista: tácitamente habían supuesto que el planeta existía en todo momento dentro de un largo lapso; y comprobaron

la hipótesis tan sólo para unos pocos breves intervalos de tiempo. En cambio, las proposiciones fácticas singulares no son tan difíciles de probar. Así, por ejemplo, no es difícil comprobar si “El Sr. Pérez, que es obeso, es cardíaco”; bastan una balanza y un estetoscopio. Lo difícil de comprobar son las proposiciones fácticas generales, esto es, los enunciados referentes a clases de hechos y no a hechos singulares. La razón es sencilla: no hay hechos generales, sino tan sólo hechos singulares; por consiguiente, la frase “adecuación de las ideas a los hechos” está fuera de la cuestión en lo que respecta a las hipótesis científicas.

Supongamos que se sugiere la hipótesis “los obesos son cardíacos”, sea por la observación de cierto número de correlaciones entre la obesidad y las enfermedades del corazón (esto es, por inducción estadística, sea sobre la base del estudio de la función del corazón en la circulación (esto es, por deducción). El enunciado general “los obesos son cardíacos” no se refiere solamente a nuestros conocidos, sino a todos los gordos del mundo; por consiguiente, no podemos esperar verificarlo *directamente* (esto es, por el examen de un inexistente “gordo general”) ni *exhaustivamente* (auscultando a todos los seres humanos presentes, pasados y futuros). La metodología nos dice cómo debemos proceder; en este caso, examinaremos sucesivamente los miembros de una muestra suficientemente numerosa de personas obesas. Vale decir, probamos una consecuencia particular de nuestra suposición general. Esta es una tercer máxima del método científico: *Obsérvense singulares en busca de elementos de prueba universales.*

Hasta aquí todo parece sencillo; pero los problemas relacionados con la prueba real distan de ser triviales, y algunos de ellos no han sido resueltos satisfactoriamente. Debemos recurrir a las técnicas del planteo de problemas de este tipo, es decir, a las técnicas de diseño de los procedimientos empíricos adecuados. Esta técnica nos aconseja comenzar por decidir lo que hemos de entender por “obeso” y por “cardíaco”, lo que no es en modo alguno tarea sencilla, ya que el umbral de obesidad es en gran medida convencional. O sea, debemos empezar por determinar el exacto sentido de nuestra pregunta. Y ésta es una cuarta regla del método científico, a saber: *Formúlese preguntas precisas.*

Luego procederemos a elegir la técnica experimental (clase de balanza, tipo de examen de corazón, etc.) y la manera de registrar datos y de ordenarlos. Además debemos decidir el tamaño de la muestra que habremos de observar y la técnica de escoger sus miembros, con el fin de asegurar de que

será una fiel representante de la población total. Sólo una vez realizadas estas operaciones preliminares podremos visitar al Sr. Pérez y a los demás miembros de la muestra, con el fin de reunir datos. Y aquí se nos muestra una quinta regla del método científico: *La recolección y el análisis de datos deben hacerse conforme a las reglas de la estadística.*

Después que los datos han sido reunidos, clasificados y analizados, el equipo que tiene a su cargo la investigación podrá realizar una inferencia estadística concluyendo que “el N % de los obesos son cardíacos”. Más aún, habrá que estimar el error probable de esta afirmación.

Obsérvese que la hipótesis que había motivado nuestra investigación era un enunciado universal de la forma “para todo x, si x es F, entonces x es G”. Por otro lado, el resultado de la investigación es un enunciado estadístico, a saber: “de la clase de las personas obesas, una subclase que llega a su N/100ava parte está compuesta por cardíacos”. Esto es, nuestra hipótesis de trabajo ha sido corregida. ¿Debemos contentarnos con esta respuesta? Nos gustaría formular otras preguntas: deseamos entender la ley que hemos hallado, nos gustaría deducirla de las leyes de la fisiología humana. Y aquí se aplica una sexta regla del método científico, a saber: *No existen respuestas definitivas, y ello simplemente porque no existen preguntas finales.*

7. ***Métodos teóricos***

Toda ciencia fáctica especial elabora sus propias técnicas de verificación; entre ellas, las técnicas de medición son típicas de la ciencia moderna. Pero en todos los casos estas técnicas, por diferentes que sean, no constituyen fines en sí mismos; todas ellas sirven para contrastar ciertas ideas con ciertos hechos por la vía de la experiencia. O, si se prefiere, el objetivo de las técnicas de verificación es probar enunciados referentes a hechos por vía del examen de proposiciones referentes a la experiencia (y en particular, al experimento). Este es el motivo por el cual los experimentadores no tienen por qué construir cada uno de sus aparatos e instrumentos, pero deben en cambio diseñarlos y/o usarlos a fin de poner a prueba ciertas afirmaciones. Las técnicas especiales, por importantes que sean, no son sino etapas de la aplicación del método experimental, que no es otra cosa que el método científico en relación con la ciencia fáctica, y la ciencia, por fáctica que sea, no es un montón de hechos sino un sistema de ideas.

En el párrafo anterior ejemplificamos el método experimental analizando el proceso de verificación que requeriría el enunciado “los obesos son cardíacos”; encontramos que esta hipótesis requería una precisión cuantitativa, y después de una investigación imaginaria adoptamos, en su lugar, cierta generalización empírica del tipo de los enunciados estadísticos. Ahora bien: las generalizaciones empíricas tan caras a Aristóteles y a Bacon, y aún cuando se las formule en términos estadísticos, no son distintivas de la ciencia moderna. El tipo de hipótesis característico de la ciencia moderna no es el de los enunciados descriptivos aislados cuya función principal es resumir experiencias. Lo peculiar de la ciencia moderna es que consiste en su mayor parte en teorías explicativas, es decir, en sistemas de proposiciones que pueden clasificarse en: principios, leyes, definiciones, etc., y que están vinculadas entre sí mediante conectivas lógicas (tales como “y, o, si... entonces”, etc.).

Las teorías dan cuenta de los hechos no sólo describiéndolos de manera más o menos exacta, sino también proveyendo modelos conceptuales de los hechos, en cuyos términos puede explicarse y predecirse, al menos en principio, cada uno de los hechos de una clase. Las posibilidades de una hipótesis científica no se advierten por entero antes de incorporarlas en una teoría; y es sólo entonces cuando puede encontrársele varios soportes. Al sumergirse en una teoría, el enunciado dado es apoyado —o aplastado— por toda la masa del saber disponible; permaneciendo aislado es difícil de confirmar y de refutar y, sobre todo, sigue sin ser entendido.

La conversión de las generalizaciones empíricas en leyes teóricas envuelve trascender la esfera de los fenómenos y el lenguaje observacional: ya no se trata de hacer afirmaciones acerca de hechos observables, sino de adivinar su “mecanismo” interno (el que, desde luego no tiene por qué ser mecánico). Supóngase que un psicólogo desea estudiar las correlaciones entre cierto estímulo observable S y cierta conducta observable R, que —a modo de ensayo—considera como la respuesta al estímulo dado. Si, después de una sucesión de experimentos, llegara a confirmar su hipótesis de trabajo y deseara trascender las fronteras de la psicología fenomenista, intentaría elaborar digamos, un modelo neurológico que explicara el nexo S-R en términos fisiológicos. No es tarea fácil: el psicólogo tiene que inventar diversas hipótesis acerca de otros tantos canales nerviosos posibles que conecten los hechos observables extremos, S y R. Análogamente, los físicos atómicos imaginan diversos mecanismos ocultos que conectan los fenómenos macroscópicos con su soporte microscópico.

Pero nuestro psicólogo no andará del todo a tientas: podrá probar si su conexión concuerda con algunos de los esquemas pavlovianos de los reflejos, o con cualquier otro mecanismo. Cada una de sus hipótesis —sea que consistan en suponer que interviene un reflejo innato o condicionado— tendrá que especificar el aparato receptor, el nervio aferente, la estación central, el nervio eferente, el órgano receptor, etc. Más aún, sus varias hipótesis de trabajo tendrán que ser compatibles con el saber más firmemente establecido (aunque no inamovible) y tendrán que ser puestas a prueba mediante técnicas especiales (excitación o destrucción de nervios, registro de impulsos nerviosos, etc.) Vale la pena emprender esta difícil tarea: la eventual confirmación de una de las hipótesis puestas a prueba no sólo explicará el nexo S-R dado, sino que también lo ubicará en su contexto: además, apoyará la hipótesis misma de que tal nexo no es accidental. Pues, aunque suene a paradoja, un enunciado fáctico es tanto más fidedigno cuanto mejor está apoyado por consideraciones teóricas.

Es importante advertir, en efecto, que la experiencia dista de ser el único juez de las teorías fácticas, o siquiera el último. Las teorías se contrastan con los hechos y con otras teorías. Por ejemplo, una de las pruebas de la generalización de una teoría dada es averiguar si la nueva teoría se reduce a la vieja dentro de un cierto dominio, de modo tal que cubra por lo menos el mismo grupo de hechos. Más aún, el grado de sustentación o apoyo de las teorías no es idéntico a su grado de confirmación. Las teorías no se constituyen ex nihilo, sino sobre ciertas bases: éstas las sostienen antes y después de la prueba; la prueba misma, si tiene éxito, provee los apoyos restantes de la teoría y fija su grado de confirmación. Aun así el grado de confirmación de una teoría no basta para determinar la probabilidad de la misma.

8. *En qué se apoya una hipótesis científica*

Una hipótesis de contenido fáctico no sólo es sostenida por la confirmación empírica de cierto número de sus consecuencias particulares (por ej. predicciones). Las hipótesis científicas están incorporadas en teorías o tienden a incorporarse en ellas; y las teorías están relacionadas entre sí, constituyendo la totalidad de ellas la cultura intelectual. Por esto, no debiera sorprender que las hipótesis científicas tengan soportes no sólo científicos,

sino también extra-científicos: los primeros son empíricos y racionales, los últimos son psicológicos y culturales. Expliquémonos.

Cuanto más numerosos sean los hechos que confirman una hipótesis, cuanto mayor sea la precisión con que ella reconstruye los hechos, y cuanto más vastos sean los nuevos territorios que ayuda a explorar, tanto más firme será nuestra creencia en ella, esto es, tanto mayor será la probabilidad que le asignemos. Esto es, esquemáticamente dicho, lo que se entiende por el soporte empírico de las hipótesis fácticas. Pero la experiencia disponible no puede ser considerada como inapelable: en primer lugar, porque nuevas experiencias pueden mostrar la necesidad de un remiendo: en segundo término, porque la experiencia científica no es pura, sino interpretada, y toda interpretación se hace en términos de teorías, motivo por el cual la primera reacción de los científicos experimentados ante informaciones sobre hechos que parecerían trastornar teorías establecidas, es de escepticismo.

Cuanto más estrecho sea el acuerdo de la hipótesis en cuestión con el conocimiento disponible de mismo orden, tanto más firme es nuestra creencia en ella; semejante concordancia es particularmente valiosa cuando consiste en una compatibilidad con enunciados de leyes. Esto es lo que hemos designado con el nombre de soporte racional de las hipótesis fácticas. Este es, dicho sea de paso, el motivo por el cual la mayoría de los científicos desconfían de los informes acerca de la llamada percepción extransensorial, porque los llamados fenómenos *psi* contradicen el cuerpo de hipótesis psicológicas y fisiológicas bien establecidas. En resumen, las teorías científicas deben adecuarse, sin duda, a los hechos, pero ningún hecho aislado es aceptado en la comunidad de los hechos controlados científicamente a menos que tenga cabida en alguna parte del edificio teórico establecido. Desde luego, el soporte racional no es garantía de verdad; si lo fuera, las teorías fácticas serían invulnerabes a la experiencia. Los soportes empíricos y racionales de las hipótesis fácticas son interdependientes.

En cuanto a los soportes extracien-tíficos de las hipótesis científicas, uno de ellos es de carácter psicológico: influye sobre nuestra elección de las suposiciones y sobre el valor que le asignamos a su concordancia con los hechos. Por ejemplo, los sentimientos estéticos que provocan la simplicidad y la unidad lógica estimulan unas veces y otras obstaculizan la investigación sobre la validez de las teorías. Esto es lo que hemos denominado el soporte

psicológico de las hipótesis fácticas; a menudo es oscuro, y no sólo está vinculado a características personales, sino también sociales.

Lo que hemos llamado soporte cultural de las hipótesis fácticas consiste en su compatibilidad con alguna concepción del mundo, y en particular, con la *Zeitgeist* prevaleciente. Es obvio que tendemos a asignar mayor peso a aquellas hipótesis que congenian con nuestro fondo cultural y, en particular con nuestra visión del mundo, que aquellas hipótesis que lo contradicen. La función dual del soporte cultural de las conjeturas científicas se advierte con facilidad: por una parte, nos impulsa a poner atención en ciertas clases de hipótesis y hasta interviene en la sugerencia de las mismas; por otra parte, puede impedirnos apreciar otras posibilidades, por lo cual puede constituir un factor de obstinación dogmática. La única manera de minimizar este peligro es cobrar conciencia del hecho de que las hipótesis científicas no crecen en un vacío cultural.

Los soportes empíricos y racionales son objetivos, en el sentido de que en principio son susceptibles de ser sopesados y controlados conforme a patrones precisos y formulables. En cambio, los soportes extracientíficos son, en gran medida, materia de preferencia individual, de grupo o de época; por consiguiente, no debieran ser decisivos en la etapa de la comprobación, por prominentes que sean en la etapa heurística. Es importante que los científicos sean personas cultas, aunque sólo sea para que adviertan la fuerte presión que ejercen los factores psicológicos y culturales sobre la formulación, elección, investigación y credibilidad de las hipótesis fácticas. La presión, para bien o para mal, es real y nos obliga a tomar partido por una u otra concepción del mundo; Es mejor hacerlo conscientemente que inadvertidamente.

La enumeración anterior de los tipos de soportes de las hipótesis científicas no tenía otro propósito que mostrar que el método experimental no agota el proceso que conduce a la aceptación de una suposición fáctica. Este hecho podría invocarse en favor de la tesis de que la investigación científica es un arte.

9. *La ciencia: técnica y arte*

La investigación científica es legal, pero sus leyes —las reglas del método científico— no son pocas, ni simples, ni infalibles, ni bien conocidas: son, por el contrario numerosas, complejas, más o menos eficaces, y en parte

desconocidas. El arte de formular preguntas y de probar respuestas —esto es, el método científico— es cualquier cosa menos un conjunto de recetas; y menos técnica todavía es la teoría del método científico. La moraleja es inmediata: desconfíese de toda descripción de la vida de la ciencia —y en primer lugar de la presente— pero no se descuide ninguna. La investigación es una empresa multilateral que requiere el más intenso ejercicio de cada una de las facultades psíquicas, y que exige un concurso de circunstancias sociales favorables; por este motivo, todo testimonio personal, perteneciente a cualquier período, y por parcial que sea, puede echar alguna luz sobre algún aspecto de la investigación.

A menudo se sostiene que la medicina y otras ciencia aplicadas son artes antes que ciencias en el sentido de que no pueden ser deducidas a la simple aplicación de un conjunto de reglas que pueden formularse todas explícitamente y que pueden elegirse sin que medie el juicio personal. Sin embargo, en este sentido la física y la matemática también son artes: ¿quién conoce recetas hechas y seguras para encontrar leyes de la naturaleza o para adivinar teoremas? Si "arte" significa una feliz conjunción de experiencia, destreza, imaginación, visión y habilidad para realizar inferencias del tipo no analítico, entonces no sólo son artes la medicina, la pesquisa criminal, la estrategia militar, la política y la publicidad, sino también toda otra disciplina. Por consiguiente, no se trata de si un campo ado de la actividad humana es un arte, sino si, además, es científico.

La ciencia es ciertamente comunicable; si un cuerpo de conocimiento no es comunicable, entonces por definición no es científico. Pero esto se refiere a los resultados de la investigación antes que a las maneras en que éstos se obtienen; la comunica-bilidad no implica que el método científico y las técnicas de las diversas ciencias especiales puedan aprenderse en los libros: los procedimientos de la investigación se dominan investigando, y los metacien-tíficos debieran por ello practicarlos antes de emprender su análisis. No se sabe de obra maestra alguna de la ciencia que haya sido engendrada por la aplicación consciente y escrupulosa de las reglas conocidas del método científico; la investigación científica es practicada en gran parte como un arte no tanto porque carezca de reglas cuanto porque algunas de ellas se dan por sabidas, y no tanto porque requiera una intuición innata cuanto porque exige una gran variedad de disposiciones intelectuales. Como toda otra experiencia la investigación puede ser comprendida por otros pero no es íntegramente transferible; hay que pagar por ella el precio de un gran número de errores, y por cierto que al contado. Por consiguiente, los

escritos sobre el método científico pueden iluminar el camino de la ciencia, pero no pueden exhibir toda su riqueza, y sobre todo, no son un sustituto de la investigación misma, del mismo modo que ninguna biblioteca sobre botánica puede reemplazar a la contemplación de la naturaleza, aunque hace posible que la contemplación sea más provechosa.

10. *La pauta de la investigación científica*

La variedad de habilidades y de información que exige el tratamiento científico de los problemas ayuda a explicar la extremada división del trabajo prevaleciente en la ciencia contemporánea, en la que encuentra lugar toda capacidad natural y toda habilidad adquirida. Es posible apreciar esta variedad exponiendo la pauta general de la investigación científica. Creo que esa pauta —o sea, el método científico— es, a grandes líneas, la siguiente:

1. PLANTEO DEL PROBLEMA

1.1. *Reconocimiento de los hechos:* examen del grupo de hechos clasificación preliminar y selección de los que probablemente sean relevantes en algún respecto.

1.2. *Descubrimiento del problema:* hallazgo de la laguna o de la incoherencia en el cuerpo del saber.

1.3. *Formulación del problema:* planteo de una pregunta que tiene probabilidad de ser la correcta; esto es, reducción del problema a su núcleo significativo, probablemente soluble y probablemente fructífero, con ayuda de conocimiento disponible.

2. CONSTRUCCION DE UN MODELO TEORICO

2.1. *Selección de los factores pertinentes:* invención de suposiciones plausibles relativas a las variables que probablemente son pertinentes.

2.2. *Invención de las hipótesis centrales y de las suposiciones auxiliares:* propuesta de un conjunto de suposiciones concernientes a los nexos entre las variables pertinentes; por ej. formulación de enunciados de ley que se espera puedan amoldarse a los hechos observados.

2.3. *Traducción matemática:* cuando sea posible, traducción de las hipótesis, o de parte de ellas, a alguno de los lenguajes matemáticos.

3. DEDUCCION DE CONSECUENCIAS PARTICULARES

3.1. *Búsqueda de soportes racionales:* deducción de consecuencias particulares que pueden haber sido verificadas en el mismo campo o en campos contiguos.

3.2. *Búsqueda de soportes empíricos:* elaboración de predicciones (o retrodicciones) sobre la base de modelo teórico y de datos empíricos, teniendo en vista técnicas de verificación disponibles o concebibles.

4. PRUEBA DE LAS HIPOTESIS

4.1. *Diseño de la prueba:* planea-miento de los medios para poner a prueba las predicciones; diseño de observaciones, mediciones, experimentos y demás operaciones instrumentales.

4.2. *Ejecución de la prueba:* realización de las operaciones y recolección de datos.

4.3. *Elaboración de los datos:* clasificación, análisis, evaluación, reducción, etc., de los datos empíricos.

4.4. *Inferencia de la conclusión:* interpretación de los datos elaborados a la luz del modelo teórico.

5. INTRODUCCION DE LAS CONCLUSIONES EN LA TEORIA

5.1. *Comparación de las conclusiones con las predicciones:* contraste de los resultados de la prueba con las consecuencias del modelo teórico, precisando en qué medida éste puede considerarse confirmado o disconfirmado (inferencia probable).

5.2. Reaju*ste del modelo:* eventual corrección o aun reemplazo del modelo.

5.3. *Sugerencias acerca de trabajo ulterior:* búsqueda de lagunas o errores en la teoría y/o los procedimientos empíricos, si el modelo ha sido disconfirmado; si ha sido confirmado, examen de posibles extensiones y de posibles consecuencias en otros departamentos del saber.

11. *Extensibilidad del método científico*

Para elaborar conocimiento fáctico no se conoce mejor camino que el de la ciencia. El método de la ciencia no es, por cierto, seguro; pero es intrínsecamente progresivo, porque es auto-correctivo: exige la continua comprobación de los puntos de partida, y requiere que todo resultado sea considerado como fuente de nuevas preguntas. Llamemos *filosofía científica* a la clase de concepciones filosóficas que aceptan el método de la ciencia como *la* manera que nos permite: a) plantear cuestiones fácticas "razonables" (esto es, preguntas que son significativas, no triviales, y que probablemente pueden se respondidas dentro de una teoría existente o concebible); y b) probar respuestas probables en todos los campos especiales del conocimiento.

No debe confundirse la filosofía científica con el *cientificismo* en cualquiera de sus dos versiones: el enciclo-pedismo científico y el reduccionismo naturalista. El enciclopedismo científico pretende que la única tarea de los filósofos es recoger los resultados más generales de la ciencia, elaborando una imagen unificada de los mismos, y preferiblemente formulándolos todos en un único lenguaje (por ej., el de la física). En cambio, la filosofía, científica o no, analiza lo que se le presente y, a partir de este material,construye teorías de segundo nivel, es decir teorías de teorías; la filosofía será científica en la medida en que elabore de manera racional los materiales previamente elaborados por la ciencia. Así es como puede entenderse la extensión del método científico al trabajo filosófico.

En cuanto al cientificismo concebido como reduccionismo naturalista —y que a veces se superpone con el enciclopedismo científico como ocurre con el fisicalismo—, puede describírselo como una tentativa de resolver toda suerte de problemas con ayuda de las técnicas creadas por las ciencias naturales, desdeñando las cualidades específicas, irreductibles, de cada nivel de la realidad. El cientificismo radical de esta especie sostendría, por ejemplo, que la sociedad no es más que un sistema físico-químico (o, a lo sumo, biológico), de donde los fenómenos sociales debieran estudiarse

exclusivamente mediante la ayuda de metros, relojes, balanzas y otros instrumentos de la misma clase. En cambio, la filosofía científica favorece la elaboración de técnicas específicas en cada campo, con la única condición de que estas técnicas cumplan las exigencias esenciales del método científico en lo que respecta a las preguntas y a las pruebas. De esta manera es como puede entenderse la extensión del método científico a todos los campos especiales del conocimiento.

Pero también debería emplearse el método de la ciencia en las ciencias aplicadas y, en general, en toda empresa humana en que la razón haya de casarse con la experiencia; vale decir, en todos los campos excepto en arte, religión y amor. Una adquisición reciente del método científico es la investigación operativa (*operations research*), esto es, el conjunto de procedimientos mediante los cuales los dirigentes de empresas pueden obtener un fundamento cuantitativo para tomar decisiones, y los administradores pueden adquirir ideas para mejorar la eficiencia de la organización.[10] Pero, desde luego la extensión del método científico a las cosas humanas está aún en su infancia. Pídasele a un político que pruebe sus afirmaciones, no recurriendo a citas y discursos, sino confrontándolos con hechos certificables (tal como se recogen y elaboran, por ejemplo, con ayuda de las técnicas estadísticas). Si es honesto, cosa que puede suceder, o bien: a) admitirá que no entiende la pregunta, o b) concederá que todas sus creencias son, en el mejor de los casos, enunciados probables, ya que sólo pueden ser probados imperfectamente, o c) llegará a la conclusión de que muchas de sus hipótesis favoritas (principios, máximas, consignas) tienen necesidad urgente de reparación. En este último caso puede terminar por admitir que una de las virtudes del método de la ciencia es que facilita la regulación o readaptación de las ideas generales que guían (o justifican) nuestra conducta consciente, de manera tal que ésa pueda corregirse con el fin de mejorar los resultados.

Desgraciadamente, la cientifización de la política la haría más eficaz, pero no necesariamente mejor, porque el método puede dar la forma y no el contenido; y el contenido de la política está determinado por intereses que no son primordialmente culturales o éticos, sino materiales. Por esto, una política científica puede dirigirse a favor o en contra de cualquier grupo social: los objetivos de la estrategia política, así como los de la investigación científica aplicada, no son fijados por patrones científicos, sino por intereses sociales. Esto muestra a la vez el alcance y los límites del método científico: por una parte, puede producir saber eficiencia y poder; por la otra, este saber

esta eficiencia y este poder pueden usarse para bien o para mal, para libertar o para esclavizar.

12. *El método científico: ¿un dogma más?*

¿Es dogmático favorecer la extensión del método científico a todos los campos del pensamiento y de la acción consciente? Planteamos la cuestión en términos de conducta. El dogmático vuelve sempiternamente a sus escrituras, sagradas o profanas, en búsqueda de la verdad; la realidad le quemaría los papeles en los que imagina que está enterrada la verdad: por esto elude el contacto con los hechos. En cambio, para el partidario de la filosofía científica todo es problemático: todo conocimiento fáctico es falible (pero perfectible), y aun las estructuras formales pueden reagruparse de maneas más económicas y racionales; más aún, el propio método de la ciencia será considerado por él como perfectible, como lo muestra la reciente incorporación de conceptos y técnicas estadísticas. Por consiguiente, el partidario del método científico no se apegará obstinadamente al saber, ni siquiera a los medios consagrados para adquirir conocimiento, sino que adoptará una actitud investigadora; se esforzará por aumentar y renovar sus contactos con los hechos y el almacén de las ideas mediante las cuales los hechos pueden entenderse, controlarse y a veces reproducirse.

No se conoce otro remedio eficaz contra la fosilización del dogma —religioso, político, filosófico o científico— que el método científico, porque es el único procedimiento que no pretende dar resultados definitivos. El creyente busca la paz en la aquiescencia; el investigador, en cambio, no encuentra paz fuera de la investigación y la disensión: está en continuo conflicto consigo mismo, puesto que la exigencia de buscar conocimiento verificable implica un continuo inventar, probar y criticar hipótesis. Afirmar y asentir es más fácil que probar y disentir; por esto hay más creyentes que sabios, y por esto, aunque el método científico es opuesto al dogma, ningún científico y ningún filósofo científico debieran tener la plena seguridad de que han evitado todo dogma.

De acuerdo con la filosofía científica, el peso de los enunciados —y por consiguiente su credibilidad y su eventual eficacia práctica— depende de su grado de sustentación y de confirmación. Si, como estimaba Demócrito, una sola demostración vale más que el reino de los persas, puede calcularse el valor del método científico en los tiempos modernos. Quienes lo ignoran

íntegramente no pueden llamarse modernos; y quienes lo desdeñan se exponen a no ser veraces ni eficaces.

Notas

(1) G. Bocaccio *Vita di Dante,* en *Il comento alla Divina Commedia e gli altri scriti intorno a Dante* (Bari, Laterza 1918), I, p. 37. Subrayado mío.

(2) D. Hume, *A treastise of Human Nature* (London Everyman, 1911) I, p. 105. Subrayado mío.

(3) Aristóteles, analíticos Posteriores, libro II, cap. XIX 110 b.

(4) W. James, Pragmatism, (New York, Meridian Books, 1935), p. 134.

(5) P. W. Bridgam, Reflections of a Psysicist (N. York, Philosophical library, 1955), p. 83.

(6) C. Huyghens *Traité de la lumière* (París, Gauthier-Villars 1920), p. 5.

(7) J. C. Maxwell, *A treatise of Electricity and Magnetism,* 3º ed. (Oxford, University Press 1937), II, pp. 434 y ss.

(8) Véase, por ej. S. F. Mason, A History of the Sciences (London Routledge & Kegan Paul, 1953). p. 386

(9) D. Bohm, "A proposed Explanation of Quantum Theory in Terms of Hidden Variables at a Sub Quantum Mechanica Leve", en *Colston Papers* (Londn, Butterworths Scientific Publications 1957) IX, p. 33.

(10) Véase P. M. Morse y G. E. Kimball, Methods of Operations Research, ed. rev. (Cambridge, Mass., The Technology Press of Massachussets Institute of Technology; N. York, John Wiley & Sons, 1951).